

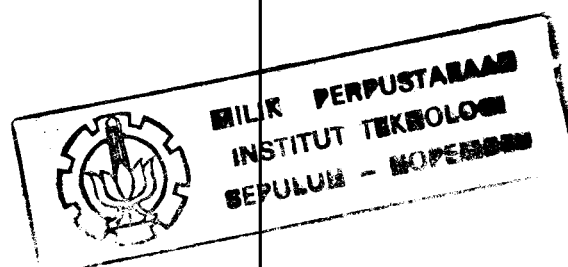
6257/ITS/H/94 ✓

# PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI PADA STKB-C ANALOG



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	29 NOV 1993
Terima Dari	H.
No. Agenda Prp.	672 TA

RSE  
621.384 56  
Isi  
F-1  
1993



Oleh :

MOCHAMAD ISMAIL

NRP. 288 220 1018

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1993

# **PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI PADA STKB-C ANALOG**

## **TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Telekomunikasi**

**Jurusan Teknik Elektro**

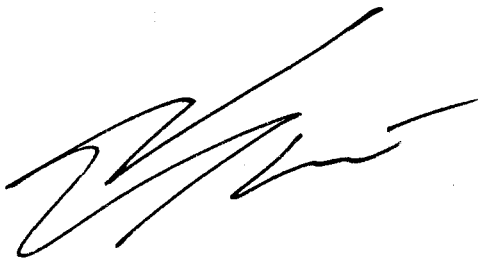
**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**S u r a b a y a**

**Mengetahui/ Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. HANG SUHARTO, M.Sc.**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. ACHMAD AFFANDI**

**SURABAYA**

**OKTOBER, 1993**

## ABSTRAK

Dengan pesatnya perkembangan sistem telepon seluler (STKB-C) analog maka sel yang diperlukan untuk mencakup daerah yang luas makin banyak, akibatnya timbul permasalahan mengenai perencanaan penggunaan spektrum frekuensi yang terbatas.

Pada Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai dasar-dasar tentang radio seluler, penataan frekuensi dan penetapan kanal yang meliputi elemen sistem seluler, propagasi, penggunaan spektrum frekuensi dan jenis-jenis penetapan kanal.

Perencanaan alokasi frekuensi dimulai dengan pembahasan mengenai dasar perencanaan STKB dan perencanaan frekuensi melalui prosedur manual dengan menggunakan matrik interferensi. Kemudian berdasarkan prosedur tersebut akan dibuat perangkat lunaknya agar perencanaan dapat dilakukan dengan bantuan komputer. Akhirnya suatu studi kasus tentang STKB untuk wilayah Jawa Timur akan dibahas dan direncanakan dengan perangkat lunak.

Dari pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa perencanaan alokasi frekuensi menjadi masalah yang penting pada sistem seluler, perencanaan frekuensi bersifat khas untuk suatu daerah tertentu, perencanaan dengan perangkat lunak membantu perencanaan sistem dan dapat memberikan hasil yang optimum. Untuk kasus STKB wilayah Jawa Timur menghasilkan 45 RBS dengan 20 RBS kritis serta terbentuk 19 kelompok frekuensi dengan harga rasio carrier to interference lebih besar dari 20 dB.

## KATA PENGANTAR

---

Dengan rahmat dan hidayah Allah swt yang Maha Pengasih dan Pemurah, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

### PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI PADA STKB-C ANALOG

Tugas Akhir ini mempunyai beban kredit 6 SKS ( Satuan Kredit Semester ) dan merupakan pelengkap persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana pada bidang studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis berharap agar Tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan mahasiswa Teknik Elektro pada khususnya.

Surabaya, Oktober 1993

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

---

Dengan selesainya Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Hang Suharto, MSc. selaku dosen pembimbing I yang dengan bijaksana telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Achmad Affandi selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Katjuk Astrowulan, MSEE selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan persetujuan.
4. Bapak Ir. M Aries Purnomo selaku koordinator bidang studi Teknik Telekomunikasi yang telah memberikan persetujuan.
5. Bapak Ir. Harmani Suhardjo selaku dosen wali pada tahap persiapan dan sarjana muda yang telah memberikan bimbingan selama studi.
6. Ibu Ir. Titiek Suryani selaku dosen wali pada tahap sarjana yang banyak memberikan bimbingan dan saran kepada penulis selama studi.
6. Bapak, bibi, paman, adik-adikku M. Abdullah, Jamilah serta saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan

bantuan moril dan material yang tak ternilai.

7. Rekan Maming, Wiwid, Novi, Muladi dan rekan-rekan B301 lainnya serta para karyawan di lingkungan ITS khususnya Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan bantuan secara langsung maupun tidak langsung.

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
I.1 LATAR BELAKANG .....	1
I.2 PERMASALAHAN .....	2
I.3 PEMBATASAN MASALAH .....	3
I.4 METODOLOGI .....	4
I.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN .....	4
I.6 TUJUAN .....	5
I.7 RELEVANSI .....	5
 BAB II SISTEM RADIO SELULER .....	 6
II.1 KONSEP SEL PADA STKB .....	6
II.1.1 Penggunaan Ulang Frekuensi .....	6
II.1.2 Pembelahan Sel .....	8
II.1.3 Bentuk Sel .....	11



II.1.4 Dasar Geometri Sel Heksagonal .....	12
II.1.5 Pola Penggunaan Ulang Kelompok Kanal .....	13
II.1.6 Jumlah Sel Per Kelompok .....	15
II.1.7 Harga Rasio D/R .....	17
II.2 RADIO BASE STATION .....	20
II.2.1 Radio Controller .....	21
II.2.2 Pemancar dan Penerima .....	22
II.2.3 Combiner Antena Dan Splitter .....	23
II.2.4 Antena .....	26
II.3 SENTRAL TELEPON MOBIL .....	27
II.3.1 Hubungan Dengan PSTN .....	27
II.3.2 Hubungan Dengan Radio Base Station.....	29
II.3.3 Hirarki Jaringan .....	29
II.3.4 Fungsi Administrasi Sentral .....	32
II.4 TERMINAL MOBIL .....	33
II.5 TRAFIK .....	33
 BAB III PENATAAN FREKUENSI DAN PENETAPAN KANAL .....	 35
III.1 PROPAGASI PADA STKB .....	35
III.1.1 Rumus Empiris Rugi-Rugi Propagasi....	36
III.1.2 Daerah Cakupan Radio Base Station .....	42
III.2 INTERFERENSI PADA STKB .....	43
III.2.1 Interferensi Pemakaian Kanal Yang Sama ..	44
III.2.1.1 Faktor Reduksi Interferensi Co-Channel .....	45
III.2.1.2 Harga C/I Pada Sistem Sel	



Omnidirectional .....	47
III.2.1.3 Harga C/I Pada Sistem Sel Directional	50
III.2.1.3.1 Sistem 7-Sel Directional .....	50
III.2.1.3.2 Sistem 4-Sel Directional .....	52
III.2.1.4 Pemilihan Konfigurasi Sistem Sel	54
III.2.2 Interferensi Pemakaian Kanal Bersebelahan	55
III.2.2.1 Interferensi Next Channel .....	57
III.2.2.2 Interferensi Neighboring Channel ....	57
III.3 PENGGUNAAN SPEKTRUM FREKUENSI .....	57
III.4 PENATAAN FREKUENSI .....	58
III.4.1 Penomoran Kanal .....	58
III.4.2 Pengelompokan Kanal .....	59
III.4.3 Kanal Kontrol .....	60
III.5 PENETAPAN KANAL .....	61
III.5.1 Penetapan Kanal Tetap .....	61
III.5.1.1 Kanal Berdekatan .....	61
III.5.1.2 Kanal Sharing .....	63
III.5.1.3 Peminjaman Kanal .....	64
III.5.1.4 Sektorisasi .....	65
III.5.1.5 Underlay-Overlay .....	66
III.5.2 Penetapan Kanal Tidak Tetap ....	67
III.5.2.1 Kanal Dinamis .....	68
III.5.2.2 Kanal Hibrid .....	68
III.5.2.3 Penetapan Borrowing Channel .....	68
III.5.2.4 Penetapan Forcible-Borrowing Channel	68

BAB IV PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI .....	70
IV.1 DASAR PERENCANAAN STKB .....	70
IV.1.1 Regulasi Dan Prospek Pemasaran .....	71
IV.1.2 Daerah Pelayanan .....	73
IV.1.3 Parameter Perencanaan .....	73
IV.1.4 Prosedur Perencanaan .....	74
IV.2 PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI .....	74
IV.2.1 Langkah-Langkah Perencanaan ...	75
IV.2.1.1 Estimasi Daerah Cakupan Dan Daerah Interferensi RBS .....	76
IV.2.1.2 Matrik Interferensi .....	76
IV.2.1.3 Alokasi Frekuensi .....	77
IV.3 PERENCANAAN PERANGKAT LUNAK ALOKASI FREKUENSI	81
IV.3.1 Asumsi Perencanaan .....	81
IV.3.2 Masukan Perangkat Lunak .....	82
IV.3.3 Keluaran Perangkat Lunak .....	82
IV.3.4 Diagram Alir .....	83
BAB V STUDI KASUS : STKB UNTUK DAERAH JAWA TIMUR .....	87
V.1 PENDAHULUAN .....	87
V.1.1 Kondisi Umum Dan Pengembangan Wilayah Jawa Timur .....	87
V.1.2 Rencana Pengembangan Telekomunikasi .....	92
V.1.3 STKB Existing Di Jawa Timur.....	94
V.2 PRAKIRAAN JUMLAH PELANGGAN STKB .....	95
V.3 PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI DENGAN	

PERANGKAT LUNAK .....	98
V.3.1 Penentuan RBS Dan Daerah Cakupan .....	98
V.3.2 Hasil Perencanaan Perangkat Lunak .....	106
V.4 PENETAPAN KELOMPOK KANAL .....	108
V.4 KONFIGURASI JARINGAN .....	109
 BAB VI PENUTUP .....	 111
V.1 KESIMPULAN .....	111
V.2 SARAN .....	112
DAFTAR PUSTAKA .....	113
LAMPIRAN A : DATA RBS UNTUK DAERAH JAWA TIMUR	
LAMPIRAN B : USULAN TUGAS AKHIR	
LAMPIRAN C : DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1	Ilustrasi Penggunaan Ulang Frekuensi ..... 9
2.2	Pembelahan Sel ..... 10
2.3	Bentuk Geometri Sel ..... 11
2.4	Sistem Koordinat Sel Heksagonal ..... 14
2.5	Jarak Antara 2 Titik Pada Sistem Koordinat ..... 14
2.6	Penggunaan Ulang Kelompok Kanal ..... 15
2.7	Jumlah Sel Per Kelompok ..... 16
2.8	Sistem Omnidirectional ..... 18
2.9	Sistem Directional ..... 19
2.10	Bagian-Bagian Radio Base Station ..... 21
2.11	Combiner ..... 24
2.12	Sistem Telekomunikasi Seluler ..... 28
2.13	Panggilan Dari Telepon Biasa Ke Unit Mobil ..... 30
2.14	Interkoneksi Sentral Mobil-Sel ..... 30
2.15	Hirarki Penyambungan ..... 31
3.1	Kurva Basic Median Kuat Medan Pada Frekuensi 900 Mhz ..... 38
3.2	Harga A ..... 40
3.3	Harga B ..... 41
3.4	Enam Sel Interferer Dari Sel #1 ..... 46
3.5	Keadaan Terburuk Interferensi Co Channel ... 49

3.6	Konfigurasi Omnidirectional Dengan N=9 Dan N=12 .....	50
3.7	Interferensi Antara 2 Sel Co Channel Pada 7-Sel .....	51
3.8	Interferensi Pada Sistem Directional (N=7)	53
3.9	Interferensi Pada Sistem 4-Sel Directional	54
3.10	Konfigurasi Sistem Motorola .....	56
3.11	Blok-Blok Kanal .....	60
3.12	Penetapan Kanal Yang Bersebelahan .....	62
3.13	Alghorithma Kanal Sharing .....	64
3.14	Sel Overlay-Underlay .....	67
3.15	Penggunaan Orientasi Antena Pada Overlay- Underlay .....	67
4.1	Perencanaan Iteratif Jaringan Telepon Radio Mobil .....	71
4.2	Ilustrasi Sel-Sel Untuk Matrik Interfrensi	78
4.3	Diagram Alir Perangkat Lunak .....	84
5.1	Satuan Wilayah Pengembangan Di Jawa Timur ..	91
5.2	STKB Nasional Surabaya Area .....	96
5.3	Prakiraan Daerah Cakupan Sistem Seluler ....	104
5.4	Jaringan Transmisi Backbone Di Jawa Timur ..	110

# DAFTAR TABEL

TABEL		HALAMAN
2.1	Harga Rasio D/R .....	20
2.2	Spesifikasi Transceiver RBS Dari AMPS ....	22
3.1	Batas Liput Dari Sel Untuk Sistem AMPS ...	36
3.2	Harga A .....	39
3.3	Harga B .....	41
4.1	Matrik Interferensi .....	78
5.1	Prakiraan Permintaan Dan Supply Di Jawa Timur .....	93
5.2	Prakiraan Jumlah Pelanggan STKB Di Jawa Timur .....	99
5.3	Stasiun Dasar Untuk Jawa Timur Area .....	103
5.4	Stasiun Dasar Kritis .....	106
5.5	Kelompok Frekuensi .....	107

## I.1 LATAR BELAKANG

Dewasa ini pelayanan telepon *mobile* (telepon tidak tetap posisinya) untuk publik sangat digemari oleh pengelola telekomunikasi di dunia. Walaupun jumlah keseluruhan pelanggan yang menggunakan pelayanan ini relatif masih kecil, tetapi permintaan akan pelayanan ini dirasakan sangat besar. Kenyataan membuktikan bila sistem telepon konvensional, yang ada selama ini dikembangkan kapasitasnya jumlah pelanggan tetap saja meningkat lebih cepat dari pada yang diperkirakan.

Di beberapa negara, jaringan telepon konvensional mencapai kejenuhan dan pelayanan telepon mobil dipandang sebagai salah satu alternatif pemecahannya. Sedangkan di beberapa negara lainnya yang belum ada investasi yang masip pada transmisi konvensional, sistem mobil dapat memberikan investasi yang lebih rendah untuk pengembangan pelayanan telepon di masa mendatang meskipun ada keraguan apakah sistem ini dapat menggantikan secara keseluruhan.<sup>1)</sup>

Hambatan terbesar sampai saat ini dari penggunaan

---

<sup>1)</sup> Williamson, John, CELLULAR RADIO : A MARKET ON THE MOVE, Telephony, July 23, 1984

telepon mobil kapasitas besar adalah terbatasnya ruang frekuensi yang tersedia. Teknologi *Radio Cellular* memberikan perubahan pandangan mengenai telepon mobil untuk publik. Konsep dasar dari sistem telepon mobil seluler adalah penggunaan kembali frekuensi kanal (*Frequency Reuse*). Dengan konsep ini efisiensi penggunaan frekuensi dapat ditingkatkan. Di Indonesia penerapan teknologi ini disebut Sistem Telepon Kendaraan Bergerak Cellular (STKB-C).

Sistem telepon kendaraan bergerak cellular (STKB-C) mengimplementasikan tiap kanal suara dengan sepasang frekuensi sehingga hubungan dapat dilakukan secara *full duplex*. STKB-C yang mempunyai jumlah pelanggan yang relatif besar dan daerah pelayanan yang luas, membutuhkan jumlah *cell* yang banyak jumlahnya. STKB-C yang telah dioperasikan selama ini masih menggunakan sistem analog. Dengan kondisi seperti tersebut mengakibatkan semakin rumitnya perencanaan frekuensi kanal untuk STKB-C analog.

## I.2 PERMASALAHAN

Jumlah sel yang banyak dan prinsip *frequency reuse* pada STKB-C analog membutuhkan perencanaan alokasi frekuensi yang baik agar didapat penampilan sistem yang diharapkan, jika tidak masalah interferensi pemakaian kanal yang sama (*co-channel interference*) dan pemakaian kanal yang bersebelahan (*adjacent channel interference*)



serta interferensi dari luar sistem akan berpengaruh pada kualitas pelayanan STKB-C.

Selama ini kebanyakan perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C dilakukan secara manual. Dengan pesatnya perkembangan sistem seluler perencanaan alokasi frekuensi menjadi cukup rumit dan membutuhkan banyak waktu. Perencanaan dengan bantuan komputer merupakan cara yang dapat memudahkan perencanaan. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perencanaan dan pembuatan perangkat lunak mengenai perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C analog.

### I.3 PEMBATASAN MASALAH

Pada Tugas Akhir ini permasalahan dibahas berdasarkan studi literatur dan dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

1. Istilah STKB-C yang dipakai di sini berarti sistem telepon kendaraan bergerak yang menerapkan konsep seluler (Cellular), ini dimaksudkan agar tidak rancu dengan nama STKB yang sekarang telah ada yaitu STKB-C dan STKB-N.
2. Daerah pelayanan relatif luas dan faktor topografi diasumsikan ideal dan rata serta dibedakan berdasarkan kategori daerah urban, sub-urban dan rural.
3. Perencanaan sel yang meliputi pemilihan lokasi *cell-site*, jumlah *radio base station* (RBS) maupun

mengenai RBS-nya sendiri tidak dibahas.

4. Perencanaan alokasi frekuensi dibatasi untuk sel omnidirectional.

#### I.4 METODOLOGI

Metodologi yang dipakai pada Tugas Akhir ini adalah studi tentang sistem telepon kendaraan bergerak cellular analog dari buku literatur, jurnal maupun artikel-artikel. Serta studi literatur dan lapangan tentang perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C analog. Kemudian dilakukan perencanaan dan pembuatan perangkat lunak serta studi kasus aplikasi dari perangkat lunak tersebut untuk STKB-C di Jawa Timur. Akhirnya dilakukan pengambilan kesimpulan serta saran.

#### I.5 SISTEMATIKA PEMBAHASAN

Pembahasan dalam Tugas Akhir ini meliputi Bab I Pendahuluan yang menguraikan latar belakang, permasalahan, pembatasan permasalahan, sistematika pembahasan, tujuan dan relevansi.

Bab II Sistem Radio Seluler menguraikan aspek-aspek dari STKB-C diantaranya konsep seluler, stasiun dasar, sentralnya, terminal mobil dan trafik.

Bab III Penataan Frekuensi dan Penetapan Kanal akan membahas mengenai kanal dan frekuensi yang diawali dengan propagasi, interferensi, spektrum frekuensi pada sistem

seluler.

Bab IV Perencanaan Alokasi Frekuensi yang membahas perencanaan frekuensi beserta prosedurnya. Sebelumnya akan dibahas mengenai dasar perencanaan STKB. Pada bab ini akan dibahas pembuatan perangkat lunak berdasarkan prosedur perencanaan frekuensi.

Sebuah studi kasus akan dibahas pada Bab V mengenai suatu kasus STKB Jawa Timur Area. Pada kasus ini perencanaan frekuensi akan menggunakan perangkat lunak yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

Akhirnya Tugas Akhir ini akan diakhiri dengan pengambilan kesimpulan dan saran yaitu Bab VI Penutup.

## I.6 TUJUAN

Tugas Akhir ini bertujuan merancang suatu perangkat lunak yang dapat membantu dalam perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C analog.

## 1.7 RELEVANSI

Dari Tugas Akhir ini diharapkan menjadi sarana yang dapat membantu dalam perencanaan dan pengembangan STKB-C analog di Indonesia khususnya.

Jaringan telepon konvensional merupakan sarana telekomunikasi terbesar di dunia. Pemakaian transmisi radio pada jaringan ini hanya terbatas pada tahap sentral. Pemakaian pada tahap pelanggan (*line subscriber*) telah dikembangkan menuju sistem telepon radio seluler (STKB-C). Sistem ini menawarkan fasilitas yang sama seperti telepon konvensional bahkan memiliki keunggulan komparatif yaitu :

- kapasitas pelanggan yang besar
- efisien dalam menggunakan spektrum
- mampu melayani daerah yang luas
- mampu beradaptasi terhadap peningkatan trafik.

## II.1 KONSEP SEL PADA STKB

Untuk memahami sistem seluler perlu untuk membahas prinsip dasar dari sistem seluler. Prinsip dasar tersebut mengenai pengertian sel, bentuk dan pola sel yang digunakan serta penggunaan kanal.

### II.1.1 Penggunaan Ulang Frekuensi

Penggunaan ulang frekuensi (*frequency reuse*) adalah suatu cara pemakaian kembali kanal-kanal radio dengan frekuensi *carrier* yang sama pada suatu daerah, untuk

daerah lain yang dipisahkan dengan jarak yang cukup sehingga masalah interferensi yang terjadi tidak mengganggu.

Penggunaan ulang frekuensi tidak saja dipakai pada telepon mobil tetapi telah dipakai pada *broadcasting* dan pelayanan radio lainnya. Prinsip ini dapat diterapkan dalam kawasan waktu (*time domain*) dan kawasan ruang (*space domain*). Pada kawasan waktu menghasilkan *time division multiplexing* (TDM) yaitu pendudukan frekuensi pada suatu waktu yang berbeda. Sedangkan pada kawasan ruang dibedakan dalam 2 kategori yaitu :

1. Frekuensi yang sama dipakai dalam dua daerah geografis berbeda seperti stasiun radio AM dan FM yang menggunakan frekuensi yang sama pada daerah atau kota yang berbeda.
2. Frekuensi yang sama dipakai secara ulang pada sub-daerah (sel) dalam satu sistem. Jenis ini yang dipakai pada sistem telepon mobil seluler.

Penerapan penggunaan ulang frekuensi timbul karena terbatasnya alokasi frekuensi yang disediakan. Pada sistem telepon mobil konvensional yang tidak menerapkan penggunaan ulang frekuensi, hanya mampu menangani kapasitas trafik yang relatif kecil dan daya pemancar yang diperlukan cukup besar karena harus mencakup daerah yang luas. Dengan cara membagi daerah pelayanan menjadi sub daerah yang lebih kecil dan membagi jumlah kanal yang

tersedia menjadi beberapa kelompok kanal untuk masing-masing sub daerah tadi yang dipakai kembali secara berulang, maka masalah di atas dapat diatasi. Interferensi akan terjadi akibat adanya pemakaian frekuensi kanal yang sama namun dapat diatasi dengan mengatur jarak antara dua daerah yang menggunakan kanal yang sama sedemikian sehingga interferensi dapat ditekan serendah mungkin dan pengaruhnya dapat diabaikan. Dasar pemikiran inilah yang menjadi konsep dasar dari STKB-C.

Gambaran praktis mengenai penggunaan ulang frekuensi dapat diilustrasikan pada gambar 2.1. Pada setiap daerah yang mempunyai label berbeda mempunyai kelompok (frekuensi-frekuensi kanal) yang berbeda. Untuk sel  $A_1$  dan  $A_2$  mempunyai frekuensi-frekuensi kanal yang sama karena jarak pisahnya yang cukup sehingga memungkinkan penggunaan ulang frekuensi.

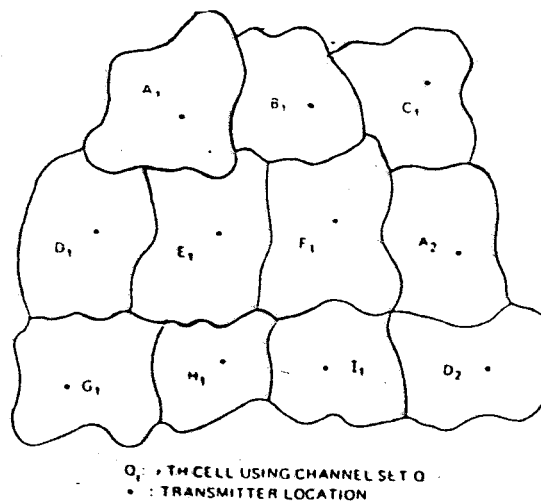
Melalui prinsip penggunaan ulang frekuensi, STKB-C mampu memberikan trafik yang lebih tinggi dari jumlah kanal yang telah disediakan.

### II.1.2 Pembelahan Sel

Bila kanal-kanal yang telah ditetapkan untuk suatu sel tidak mampu lagi melayani kebutuhan trafik karena adanya pertumbuhan yang tinggi di daerah cakupan sel, maka perlu dilakukan penambahan jumlah kanal. Karena jumlah kanal telah dibagi untuk sel-sel lainnya, maka

satu-satunya jalan adalah membagi sel tersebut menjadi beberapa bagian sub-sel, di mana masing-masing sub-sel mempunyai jumlah kanal yang sama dengan jumlah sel sebelum dipecah tetapi dengan frekuensi kanal yang berbeda. Dengan demikian daerah yang tadinya dicakup oleh satu sel, sekarang dicakup oleh beberapa sel. Akibat dari pembagian sel tersebut jumlah kanal bertambah dan kapasitas maksimum trafik akan meningkat.

Gambar 2.2.a menggambarkan tahap awal dari proses pembelahan sel (*splitting cell*), sel asli  $F_1$  (pada gambar 2.1) telah mencapai kapasitas, maka sel  $F_1$  perlu dilakukan

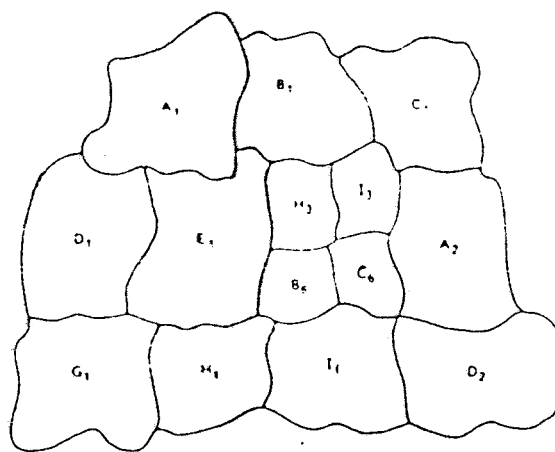


GAMBAR 2.1<sup>2)</sup>

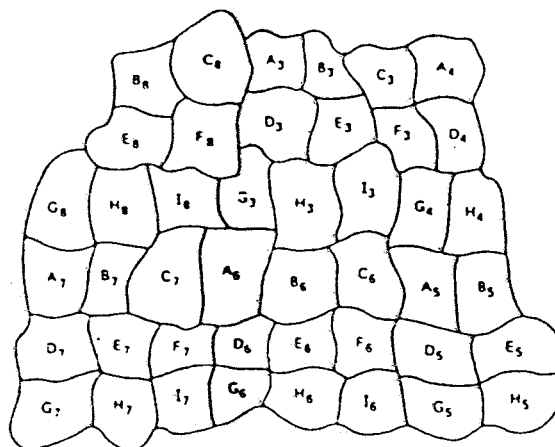
#### ILUSTRASI PENGGUNAAN ULANG FREKUENSI

2) W. H MacDonald, AMPS : THE CELLULAR CONCEPT, The Bell System Technical Journal, vol. 58, No. 1, New York, January 1979, hal. 17

pembelahan sel. Pembelahan sel menjadi 4 bagian sub-sel yaitu  $H_3$ ,  $I_3$ ,  $B_6$  dan  $C_6$ . Jadi sel  $F_1$  semula mempunyai jumlah kanal  $N$  maka sekarang menjadi  $4N$ .



(a)



$Q_i$ :  $i$ TH CELL USING CHANNEL SET  $Q$

(b)

GAMBAR 2.2<sup>3)</sup>

PEMBELAHAN SEL

a) TAHAP AWAL

b) SETELAH PEMBELAHAN

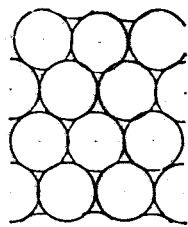
<sup>3)</sup> Ibid, hal. 18



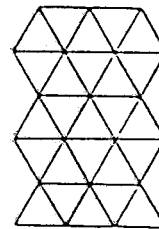
Bila kebutuhan akan trafik meningkat di seluruh daerah pelayanan, maka kemungkinan pemecahan dilakukan di semua sel yang meliputi seluruh daerah tersebut seperti ditunjukkan gambar 2.2.b.

### II.1.3 Bentuk Sel

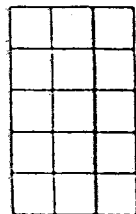
Daerah pelayanan STKB-C terbagi atas sel-sel yang tersusun sedemikian rupa sehingga mencakup seluruh daerah pelayanan. Agar sel-sel tersebut tersusun secara sistematis, maka harus mempunyai bentuk sel yang sama dan beraturan. Terdapat bermacam-macam pola geometri sel yang



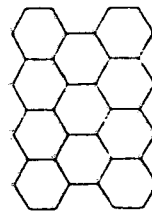
(a)



(b)



(c)



(d)

GAMBAR 2.3

### BENTUK GEOMETRI SEL

a) LINGKARAN

c) BUJURSANGKAR

b) SEGITIGA SAMA SISI

d) HEKSAGON

dikenal yaitu lingkaran, segitiga samasisi, bujursangkar dan segienam beraturan (heksagon).

Penerapan pola lingkaran untuk mencakup seluruh daerah pelayanan secara teoritis akan mengakibatkan adanya daerah yang tidak tercakup di tengah-tengah daerah pelayanan atau terdapat daerah tercakup oleh lebih dari satu sel (gambar 2.3.a). Dengan demikian pemakaian pola lingkaran berdasarkan tinjauan geometri secara teoritis tidak menguntungkan. Untuk ketiga pola geometri yang lain, seluruh daerah pelayanan dapat diliput dengan tepat oleh seluruh sel seperti gambar 2.3.b, 2.3.c dan 2.3.d.

Tetapi ada pertimbangan lain yang perlu diperhatikan. Bila diasumsikan bahwa jarak antara titik pusat dengan sudut-sudut masing-masing bangun adalah sama, maka pola heksagon memiliki luas daerah yang terbesar, sehingga secara praktis dapat dikatakan bahwa pola heksagon memiliki keuntungan karena itu lebih sedikit sel yang diperlukan untuk meliputi daerah yang luasnya sama. Pemakaian pola heksagon secara ekonomis memerlukan investasi yang lebih murah.

#### II.1.4 Dasar Geometri Sel Heksagonal

Sistem koordinat yang dipakai pada pola sel heksagonal adalah sistem koordinat dengan dua sumbu salib yang membentuk sudut  $60^\circ$ , dan titik pusat dipilih pada salah satu titik pusat heksagon serta tiap satu satuan

mewakili jarak antara titik pusat heksagon yang satu dengan yang lainnya seperti pada gambar 2.4.

Pada gambar 2.5 jarak antara 2 titik yang masing-masing berkoordinat  $(u_1, v_1)$  dan  $(u_2, v_2)$  dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$d_{12}^2 = (u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 - 2(u_2 - u_1)(v_2 - v_1)\cos 120^\circ$$

$$d_{12} = \left[ (u_2 - u_1)^2 + (v_2 - v_1)^2 + (u_2 - u_1)(v_2 - v_1) \right]^{1/2} \quad (2-1)$$

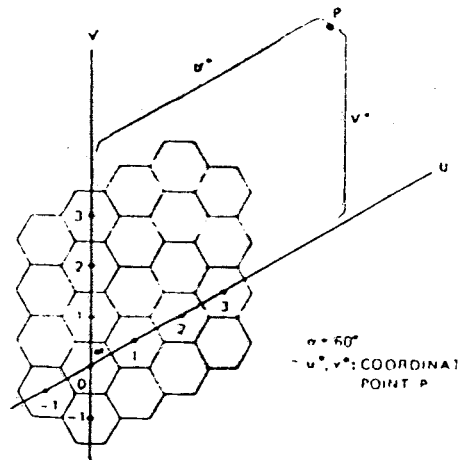
Jika jarak antara titik pusat sel dengan sel lain sebelahnya (D) adalah satu satuan, maka jarak antara titik pusat sel dengan titik terjauhnya (R) adalah :

$$R = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

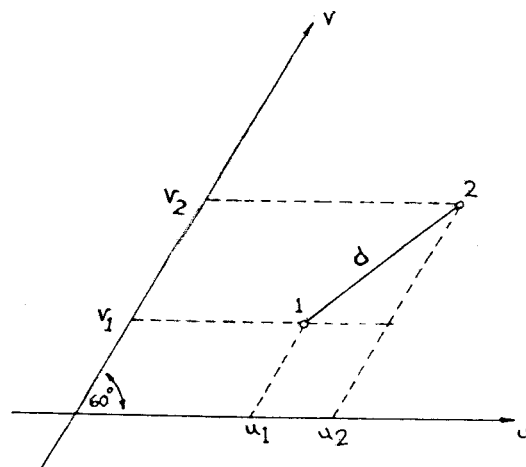
$$R = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (2-2)$$

#### II.1.5 Pola Penggunaan Ulang Kelompok Kanal

Parameter geser (*shift parameter*) dipakai dalam menentukan kelompok kanal yang dipakai kembali. Parameter ini terdiri dari dua bilangan bulat  $i$  dan  $j$  di mana  $i \geq j$ . Arah pergeseran sepanjang sumbu  $u$  ditunjukkan oleh  $i$  dan  $j$  menunjukkan arah pergeseran sumbu  $v$ , seperti pada gambar 2.6.a.

GAMBAR 2.4<sup>4)</sup>

SISTEM KOORDINAT SEL HEKSAGONAL



GAMBAR 2.5

JARAK ANTARA 2 TITIK PADA SISTEM KOORDINAT

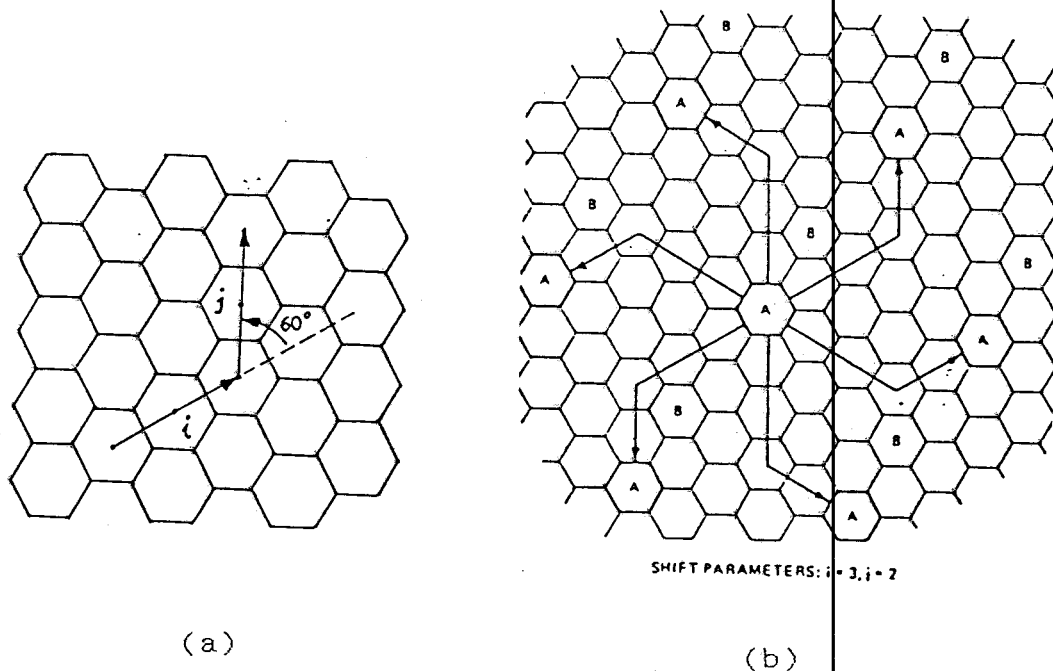
---

<sup>4)</sup> Ibid, hal. 39

Berdasarkan aturan di atas dapat ditentukan letak sel-sel yang mempunyai kelompok kanal yang sama. Gambar 2.6.b menunjukkan letak sel-sel dengan kelompok kanal yang sama dengan parameter geser  $i=3$  dan  $j=2$ .

#### II.1.6 Jumlah Sel Per Kelompok

Berdasarkan parameter gesernya, jarak antara pusat-pusat sel dengan kelompok kanal yang sama dapat dicari dengan persamaan (2-3).



GAMBAR 2.6

PENGUNAAN ULANG KELOMPOK KANAL

a) PARAMETER GESER

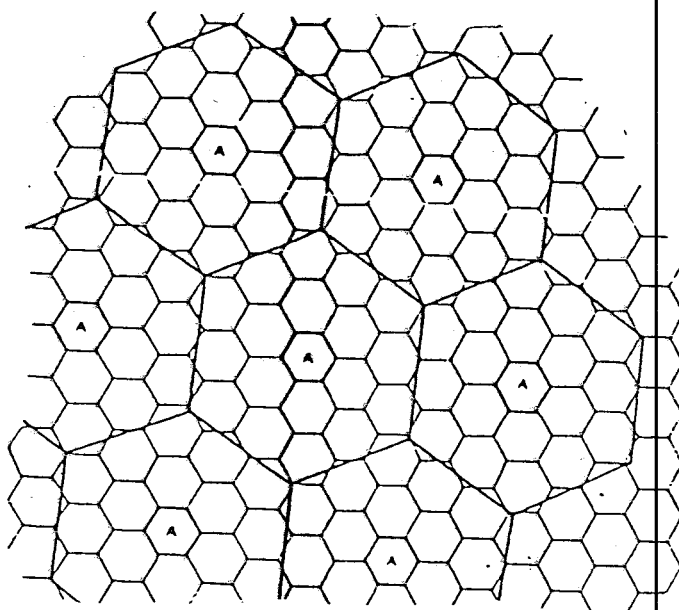
b) LETAK SEL-SEL DENGAN KELOMPOK KANAL YANG SAMA

$$D = (i^2 + i.j + j^2)^{1/2} \quad (2-3)$$

Dari gambar 2.6.b dapat dilihat bahwa setiap sel mempunyai enam sel dengan frekuensi kanal yang sama di sekitarnya. Tiap sel tersebut dapat menjadi pusat dari sekelompok sel dan membentuk heksagon yang besar. Gambar 2.7 menggambarkan pengelompokan sel-sel di sekitar sel yang berkanal sama.

Luas heksagon yang mempunyai jari-jari R adalah :

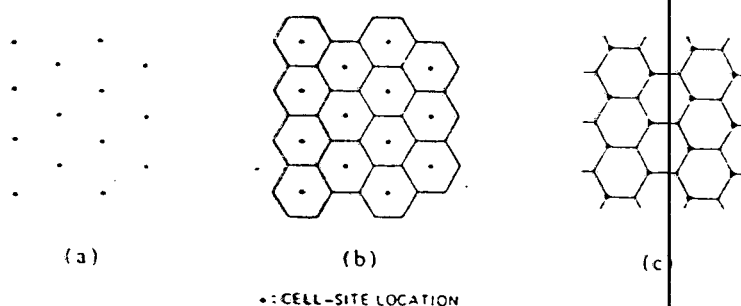
$$L_{\text{sel}} = \frac{2}{3} \sqrt{3} R^2 \quad (2-4)$$



GAMBAR 2.7<sup>5)</sup>  
JUMLAH SEL PER KELOMPOK

<sup>5)</sup> Ibid, hal. 40

segala arah dengan sama kuat, sehingga pengendalian pengaruh interferensi dilakukan dengan mengatur jarak antar sel, semakin jauh semakin kecil pengaruh interferensi yang terjadi. Pada sistem *directional* di mana masing-masing kanal akan dilayani oleh salah satu dari ketiga daerah tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar 2.9. Bila dibandingkan dengan sebuah antena omnidirectional, sebuah antena *directional* dengan gain yang sama dapat memancarkan daya dengan level sinyal yang sama kuat pada daerah cakupannya, tetapi dapat mengurangi interferensi. Dengan demikian sistem *directional* dapat dioperasikan dengan harga D/R lebih kecil. Harga D/R yang kecil berarti jumlah sel per kelompok lebih sedikit atau

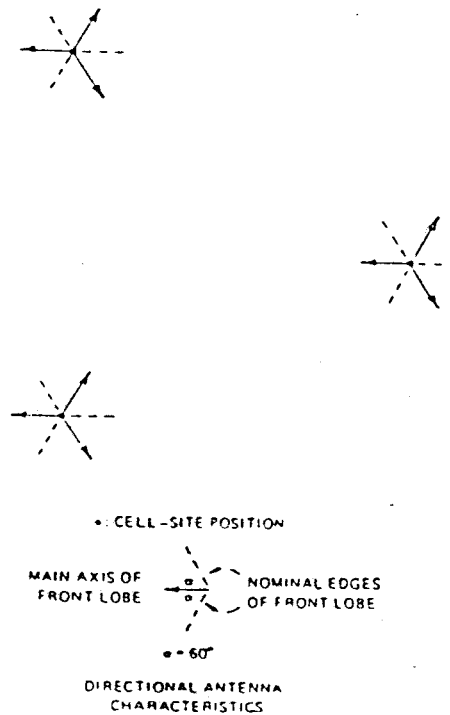


GAMBAR 2.8<sup>6)</sup>

#### SISTEM OMNIDIRECTIONAL

a) CELL SITE LATTICE    b) EKSITASI PUSAT    c) EKSITASI SUDUT

<sup>6)</sup> Ibid, hal. 23

GAMBAR 2.9<sup>7)</sup>

## SISTEM DIRECTIONAL

jumlah kelompok kanal juga sedikit. Karena jumlah total kanal tetap maka jumlah kanal dalam kelompok kanal menjadi lebih besar, dengan demikian masing-masing akan memberikan kapasitas trafik lebih tinggi. Membuat harga D/R sekecil mungkin akan menekan investasi dan kapasitas sistem lebih besar, tetapi harga D/R yang besar akan memberikan kualitas transmisi yang baik. Kualitas transmisi dianggap baik bila harga perbandingan antara sinyal yang diterima terhadap sinyal interferensi sebesar 17 dB.<sup>8)</sup>

7) Ibid, hal. 24

8) Ibid, hal. 31



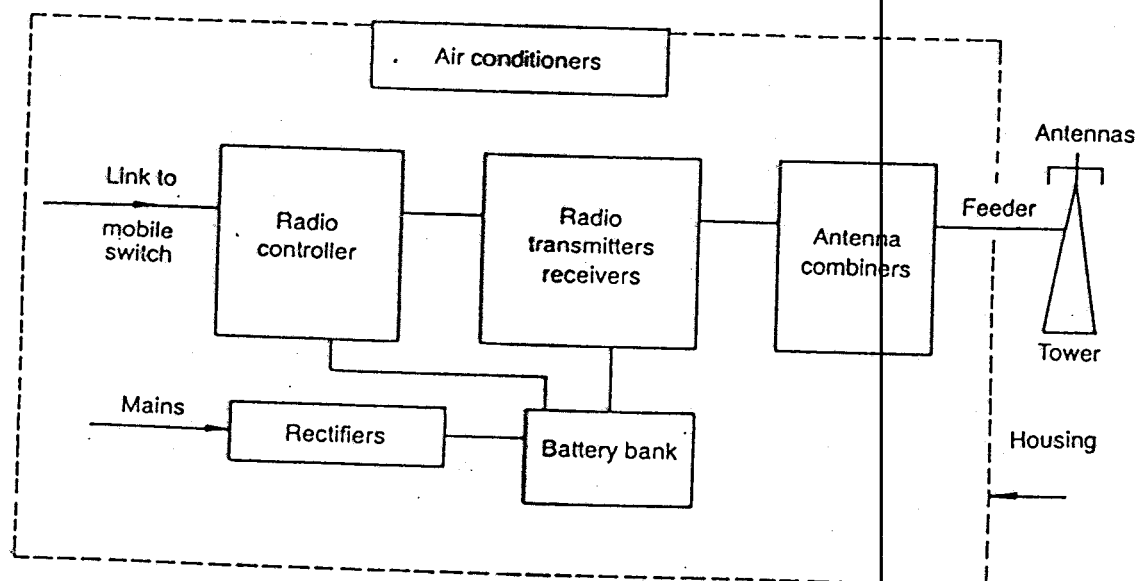
Dari persamaan (2-7) didapat harga D/R untuk N yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

TABEL 2.1  
HARGA RASIO D/R

N	RASIO D/R
4	3.46
7	4.58
12	6.00
19	7.55

## II.2 RADIO BASE STATION

Radio Base Station merupakan konsentrator radio yang melayani sejumlah pelanggan dengan penakaaian kanal yang sedikit. Dalam satu sistem terdapat beberapa stasiun radio yang masing-masing dihubungkan ke *mobile telephone switching office* (MTSO). Tiap RBS melayani hubungan komunikasi dengan terminal mobil melalui kanal-kanal radio yang dialokasikan. Radio base station bekerja sebagai stasiun pengulang yang dikendalikan oleh sentral telepon mobil. RBS juga mengawasi kualitas kanal radio. Tiap kanal radio memiliki pemancar, penerima dan unit pengendali. Unit pengendali ini merupakan bagian "*intelligent*" dan berkomunikasi dengan sentral telepon mobil serta



GAMBAR 2.10<sup>9)</sup>

#### BAGIAN-BAGIAN RADIO BASE STATION

mengendalikan pemancar dan penerima dari terjadinya *fault*. Gambar 2.10 menunjukkan bagian dasar dari RBS.

##### II.2.1 Radio Controller

Radio controller adalah interface antara sentral telepon mobil dengan base station (RBS) dan bekerja seperti penyambung pelanggan jarak jauh. Di bawah kendali sentral mobil, radio controller memilih kanal radio yang dibutuhkan. Juga mengawasi parameter sistem termasuk kondisi alarm dan kuat medan gelombang radio-nya.

<sup>9)</sup> Boucher, NJ, CELLULAR RADIO HANDBOOK, Quantum Publishing Inc., California 1990, hal. 121

### II.2.2 Pemancar Dan Penerima

Pemancar dan penerima (tranceiver) pada RBS menghubungkan komunikasi dengan terminal mobil. Pemancar dan penerima dipisah dalam rak-rak yang kemudian digabungkan dengan combiner. Pemancar dan penerima ini diprogram melalui perangkat lunak pada kanal tertentu. Setelah diinstalasi transceiver ini berlaku biasa sebagai *fixed frequency transceiver*. Dalam beberapa sistem, kanal suara dapat ditetapkan sebagai kanal kontrol stand by dan dapat mengubah frekuensi secara otomatis ketika terdeteksi

TABEL 2.2<sup>10)</sup>

#### SPESIFIKASI TRANSCEIVER RBS DARI AMPS

PARAMETER	SPECIFICATION
Frequency stability	$\pm 1$ PPM
RF sensitivity	- 116 dBm @ 12 dB SINAD
Expander	1:2 attack time 3 ms recovery 13.5 ms $\pm 20\%$ (per EIA PN1377)
Audio de-emphasis	- 6 dB for 300 Hz to 3000 Hz (per EIA PN 1377)
Audio distortion	2.5% at telephone interface
TX spurious	To meet EIA PN 1377
Compressor	2:1 attack time 3 ms recovery 13.5 ms $\pm 20\%$ (per EIA PN1377)
DC power	24 volt nominal (neg. earth)
Power/channel	8 amps
Equipment floor load	800 kg/m <sup>2</sup>
Operational temperature range	-4°C to 45°C

<sup>10)</sup> Ibid, hal. 124

kesalahan kanal kontrol. Pada sistem yang lain pemancar dan combiner dapat ditalakan secara remote sedemikian sehingga *channel borrowing* atau pengalokasikan kembali frekuensi kanal dapat terjadi selama periode blocking. Hal ini dipakai pada beberapa sistem yang kepadatan pelanggannya tinggi (*high density system*).

Disebabkan sulitnya memprakirakan penyebaran trafik, maka pemancar dan penerima ini dibuat secara modular sehingga dapat dipindah-pasangkan dengan mudah. Tabel 2.2 memberikan contoh spesifikasi dari pemancar/penerima sistem AMPS.

### II.2.3 Antena Combiner Dan Splitter

Mengingat umumnya kanal-kanal beroperasi pada satu base station, maka perlu digunakan antena combiner. Suatu antena combiner menggabungkan output-output pemancar ke dalam sejumlah kecil antena. Frekuensi yang dipakai pada satu base telah dipilih sedemikian rupa agar jaraknya memungkinkan isolasi antar kanal dengan baik.

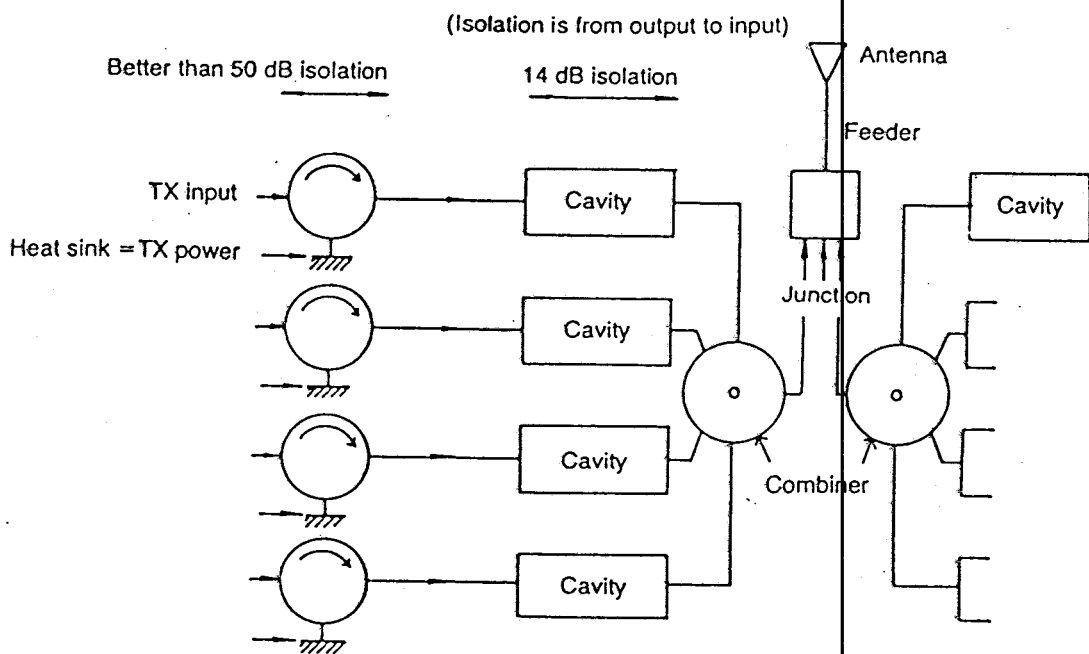
Antena combiner yang umum dipakai ditunjukkan oleh gambar 2.11, yang dikenal sebagai *multicoupler* atau *multiplexer*. Untuk membedakan dengan peralatan RF coupling dan MUX, lebih sering digunakan istilah multicoupler.

Isolator melewati sinyal pemancar dengan kerugian 0,5 dB pada arah forward tetapi meredam semua sinyal terpantul sebesar 50 dB atau lebih. Perangkat ini dikenal

sebagai *sirkulator*, dan biasanya merupakan perangkat bidang lebar.

*Cavity* merupakan filter resonansi dengan *insertion loss* sebesar 2 dB dan isolasi input sekitar 14 dB, yang menghasilkan kerugian total combiner sekitar 2,5 dB. Umumnya satu antenna dapat melayani 16 pemancar yang digabung.

Pada sistem seluler, kanal yang digabung bersama memiliki separasi minimum sebesar 630 kHz. Separasi kanal



GAMBAR 2.11<sup>11)</sup>  
COMBINER

<sup>11)</sup> Ibid, hal. 125

yang lebih kecil hanya mungkin bila insertion loss-nya lebih besar.

Beberapa penerima di-multikopel pada satu antena, biasanya mencapai 64 buah. Bagian terpenting dari receiver multicoupler adalah *low-noise pre-amplifier* yang bagus, yang menentukan rasio S/N dan penampilan penerima base-station.

Pada base seluler digunakan penerima dengan teknik *diversity*. Hal ini berarti setiap penerima menggunakan dua antena dan memiliki dua input RF serta *diversity combiner*. Kedua antena itu berjarak antara 3 - 4 meter untuk menjaga agar tidak terjadi korelasi sinyal yang diterima. Apabila sebuah antena menerima sinyal dengan *multipath fading*, ada kemungkinan antena kedua tidak.

Penerima *diversity* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu : *diversity-combining receiver* dan *switched diversity receiver*. *Diversity-combining receiver* menerima fase dari sinyal datang dan menjumlahkannya. Metode ini menghasilkan gain 6 dB. *Switched diversity receiver* memilih jalur sinyal yang terbaik untuk kemudian diswitch pada jalur tersebut. Dengan cara ini didapat gain sebesar 3 dB.

Duplexer antena kadang kala dipakai untuk menghubungkan port pemancar dan penerima ke antena. Duplexer ini terutama dipakai pada jarak antena sedang. Suatu duplexer terdiri dari beberapa resonant cavity yang

mengisolasi output pemancar dari input multicoupler penerima sebesar 80 dB. Duplexer sering dipakai pada perangkat mobil (yang hanya memungkinkan adanya satu antena saja) tapi jarang dipakai pada base-station seluler karena amat lossy (2 - 3 dB) dan mengurangi sensitivitas keseluruhan dari penerima base-station.

#### II.2.4 Antena

Antena berperan dalam membentuk pola sel dan pola reuse. Ada dua jenis antena yang dipakai RBS yaitu antena yang berpola radiasi omnidirectional dan antena pola unidirectional (sektoral).

Penguatan antena bermacam-macam tergantung jenis antena yang dipakai. Biasanya 9 dB untuk antena omnidirectional atau 17 dB untuk antena 3 sektor atau 14 dB untuk antena 6 sektor.

Antena omnidirectional biasanya jenis *colinear dipole* ( sejumlah dipole yang segaris dengan phasing harness ) sedangkan antena sektor memiliki gain yang lebih besar akibat penambahan reflektor.

Pemasangan antena harus dipasang secara benar agar didapat pola radiasi seperti yang diharapkan. Disebabkan antena seluler memiliki gain yang tinggi dengan pola bidang E sangat sempit, penyimpangan yang kecil dari posisi vertikalnya dapat berakibat yang serius terhadap cakupan antena.

### II.3 SENTRAL TELEPON MOBIL

Sentral telepon mobil (MTSO) merupakan elemen pusat dari sistem seluler, yang menjadi interface dengan jaringan telepon konvensional. Sentral memberikan fasilitas yang sama seperti sentral telepon konvensional. Pelayanan dasar meliputi pembangunan panggilan dari *mobile-to-mobile*, *mobile-to-land* dan *land-to-mobile*. Sebuah sentral mobil melayani daerah pelayanan yang luas dan semua panggilan dihubungkan melaluinya.

Peralatan radio ditempatkan di RBS. Tiap RBS juga terdapat duplikat *stored program controller*, peralatan interface data link dan peralatan perawatan tambahan. RBS dihubungkan ke sentral melalui trunk suara dan data link. Gambar 2.12 menunjukkan MTSO pada sistem seluler.

#### II.3.1 Hubungan Dengan PSTN

Sentral dapat diinterkoneksi dengan satu atau lebih sentral lokal melalui fasilitas trunk standard. Nomor untuk telepon mobil ditetapkan dari sentral yang dilayani oleh interkoneksi.

Panggilan dari unit mobil ke jaringan telepon biasa oleh sentral mobil dipilihkan *outgoing-trunk* ke sentral yang dituju. Sinyal supervisi dikembalikan dari sentral lokal ke sentral mobil untuk *charging*.

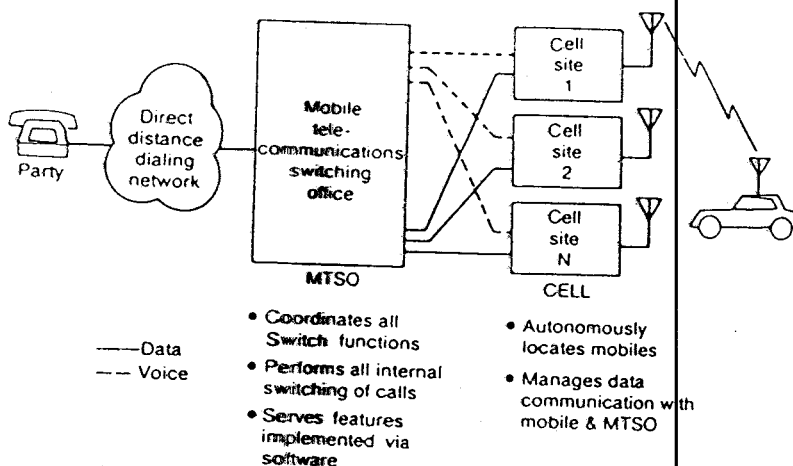
Pada panggilan dari telepon biasa ke unit mobil, sentral lokal mengirim pulsa-pulsa ke sentral mobil.



Sentral mobil akan mengembalikan sinyal supervisi ke sentral lokal.

Sentral mobil melakukan routing dalam sistem seluler dan jaringan konvensional. Dalam proses panggilan dari unit mobil ke telepon biasa, sentral mobil merutekan panggilan ke dalam jaringan telepon biasa melalui salah satu sentral lokal. Routing telah diprogramkan pada sentral mobil sesuai dengan nomor yang dituju dan sentral lokalnya.

Pelanggan telepon biasa dapat memanggil telepon mobil secara langsung. Jaringan telepon biasa mengarahkan panggilan ke sentral lokal tanpa mengetahui bahwa



GAMBAR 2.12<sup>12)</sup>

## SISTEM TELEKOMUNIKASI SELULER

12) Lee, WCY, MOBILE TELECOMMUNICATION SYSTEM, McGraw-Hill Book Co, New York, 1989, hal. 63

panggilan ke unit mobil. Sentral lokal akan menghubungkan panggilan melalui trunk ke sentral mobil yang kemudian akan menyelesaikan panggilan ke unit mobil seperti ditunjukkan gambar 2.13.

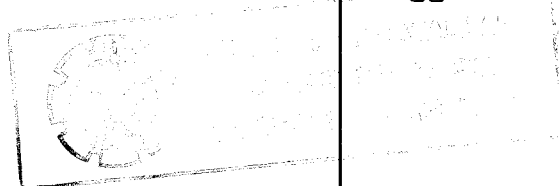
### II.3.2 Hubungan Dengan Radio Base Station

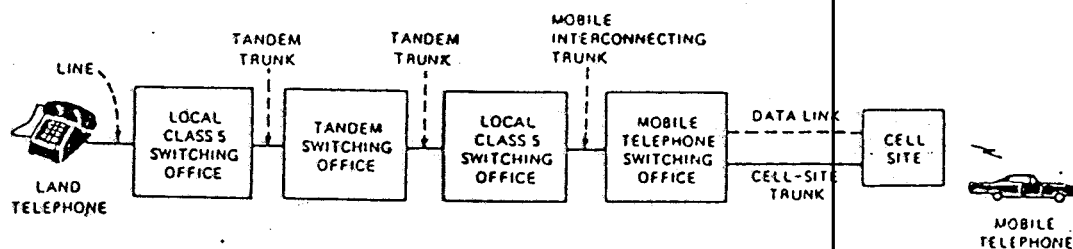
Gambar 2.14 menunjukkan interkoneksi antara sentral mobil dengan beberapa sel. Trunk RBS memberikan lintasan komunikasi suara.

Jumlah trunk sesuai dengan trafik dan probabilitas blocking yang diinginkan. Tiap trunk secara fisik dihubungkan ke saluran radio RBS. RBS bekerja pada kawasan frekuensi radio sebagai konsentrator trafik untuk sentral mobil. Sentral mobil juga berhubung dengan RBS melalui data link secara full duplex. Data link ke tiap-tiap RBS dikendalikan oleh terminal yang berbeda untuk mendapatkan kehandalan yang tinggi. Dalam keadaan terjadi kesalahan pada data link, komunikasi dapat berlangsung antara sentral mobil dan RBS.

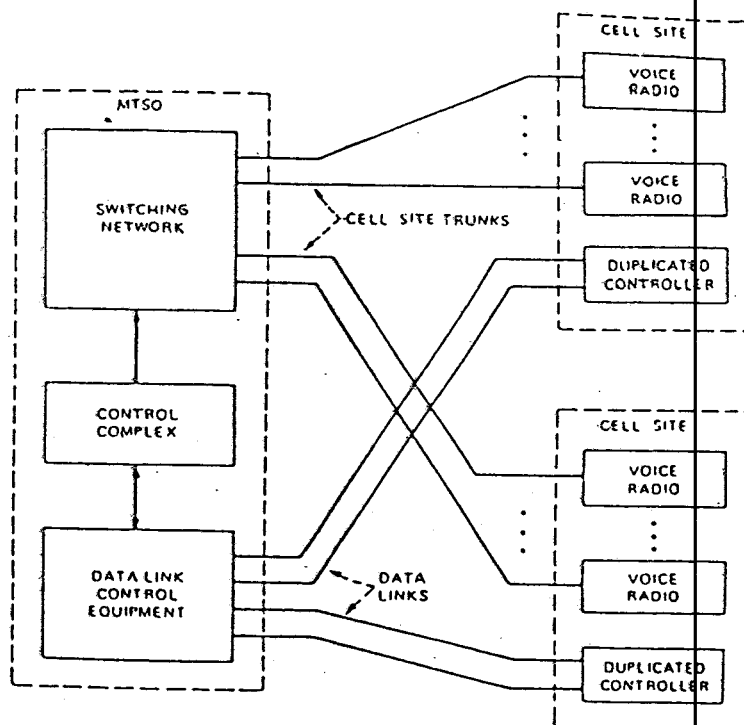
### II.3.3 Hirarki Jaringan

Direkomendasikan bahwa sentral mobil diletakkan pada hirarki jaringan yang tinggi. Keuntungan penempatan tersebut secara umum jumlah switch yang diperlukan menjadi lebih sedikit, akibatnya biaya trunking dan rugi-rugi transmisi dapat diminimumkan. Gambar 2.15 menggambarkan



GAMBAR 2.13<sup>13)</sup>

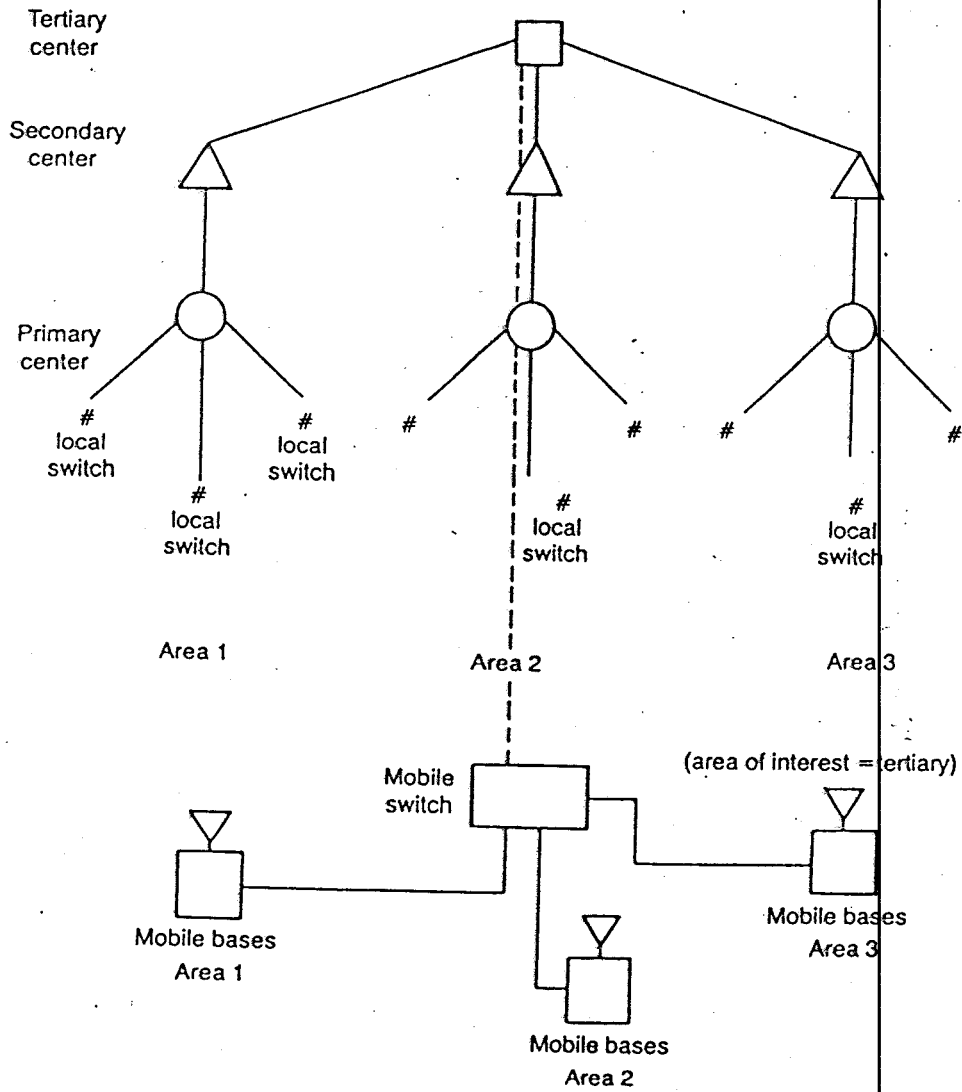
PANGGILAN DARI TELEPON BIASA KE UNIT MOBIL



GAMBAR 2.14

INTERKONEKSI SENTRAL MOBIL - SEL

<sup>13)</sup> Chada, KJS and other, MOBILE TELEPHONE SWITCHING OFFICE, The Bell System Technical Journal, Vol. 58, No. 1, New York, January 1979, Hal. 76



GAMBAR 2.15<sup>14)</sup>  
HIRARKI PENYAMBUNGAN

14) \_\_\_\_\_, CELLULAR RADIO WORKSHOP, ITU, Bangkok, June 1989, hal. 74

posisi dari sentral mobil dalam hirarki jaringan. Mengingat sentral mobil akan melakukan penyambungan dari seluruh daerah pelayanan, sentral tidak mempunyai daerah geografis yang harus diperlakukan secara khusus. Oleh karena itu bila sentral berada pada tingkat lebih rendah dalam hirarki, maka kebanyakan panggilan akan perlu disambung melalui rantai yang berbelit untuk menuju ke tujuannya.

Keadaan terburuk yang mungkin dari efisiensi jaringan berada pada level sentral lokal. Dalam hal ini daerah komunitas pelanggan berada di seluruh daerah kota, oleh karenanya kebanyakan panggilan akan memerlukan routing ke daerah yang berbeda melalui hirarki jaringan termasuk memerlukan lintasan penyambungan lebih banyak akibatnya lebih banyak terjadi rugi-rugi bila dibandingkan dengan sentral pada hirarki yang tinggi.

#### II.3.4 Fungsi Administrasi Sentral

Selain sentral menangani proses penyambungan panggilan, sentral juga menangani :

- Billing : Sentral merekam semua data untuk biaya penyambungan untuk panggilan yang berhasil menyetala pada kanal suara (kanal radio).
- Pelayanan Order : Data base sentral berisi rekaman yang berhubungan dengan tiap pelanggan. Data tersebut meliputi nomor petunjuk unit mobile, data klasifikasi



billing dan jenis pelayanan.

- Perubahan trunk : Jumlah trunk yang diinterkoneksi antara sentral dengan tiap RBS dan sentral lokal.

#### II.4 TERMINAL MOBIL

Terminal mobil adalah unit telepon mobil pelanggan. Unit mobil ini terdapat peralatan penerima dan pemancar yang dikendalikan oleh prosesor sebagai unit kontrol.

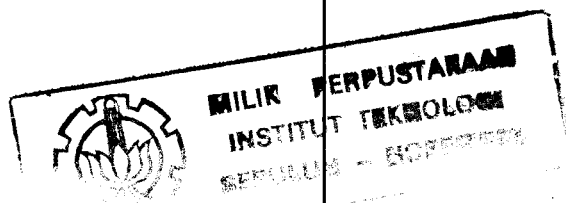
Di pasaran terdapat beberapa jenis yaitu :

- Unit mobil yang dipasang pada kendaraan, mempunyai kelas daya pancar sebesar 6 dBW.
- Unit mobil yang dapat dibawa secara portable yang berdaya 2 dBW.
- Unit mobil berukuran *hand held portable* yang berdaya -2 BW.

Transceiver unit mobil merupakan pemancar-penerima FM yang canggih. Transceiver bekerja secara dupleks dan penerimaan dengan pembagian band RF ke dalam 2 bagian yang terpisah 45 MHz, sehingga satu frekuensi yang dibangkitkan dapat dipakai sebagai sumber pemancar dan osilator lokal.

#### II.5 TRAFIK

Dalam merencanakan STKB-C trafik rata-rata per pelanggan dan *grade of service* (GOS) menjadi parameter dalam menentukan jumlah kanal radio yang diperlukan. Besarnya trafik rata-rata per pelanggan bervariasi dari



suatu tempat dengan tempat yang lain, sehingga diperlukan penelitian tersendiri karena dipengaruhi kebiasaan pemakai telepon radio seluler dalam menggunakannya.

Dari segi biaya ada batas-batas tertentu bagi sistem di mana trafik yang diberikan masih memungkinkan kembalinya investasi. Suatu hal yang tidak diinginkan bahwa harus merencanakan sistem yang bertrafik tinggi tetapi jumlah pelanggannya sedikit, akibatnya biaya yang dibebankan pada pelanggan akan tinggi.

Pada perencanaan trafik rata-rata per pelanggan dipilih 0,025 Erlang untuk daerah sub-urban dan rural serta 0,030 Erlang untuk daerah urban.<sup>15)</sup>

Grade of service merupakan derajat pelayanan dari suatu sistem telepon. Derajat ini menunjukkan kemungkinan suatu panggilan akan mengalami kegagalan karena keterbatasan penyambungan dan transmisi. Besarnya GOS yang biasa digunakan berkisar antara 0,001 sampai 0,05.

Dengan menetapkan trafik rata-rata per pelanggan dan GOS sebagai parameter perencanaan serta menggunakan tabel Erlang B akan didapat jumlah kanal yang diperlukan pada tiap sel bila jumlah pelanggan dapat diperkirakan pada tiap sel.

---

<sup>15)</sup> B Santosa and Edmond N, SYSTEM DESIGN FOR JAKARTA AREA, Radio Workshop, ITU, Bangkok, June 1989, hal. 344

## PENATAAN FREKUENSI DAN PENETAPAN KANAL

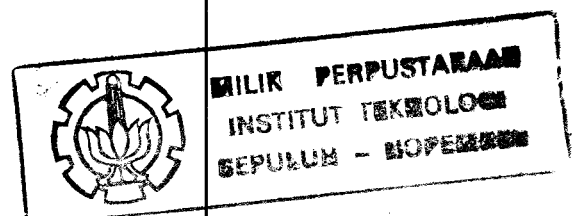
Penataan frekuensi dan penetapan kanal pada sistem radio seluler sangat berkaitan dengan konsep sel, propagasi yang akan membatasi daerah cakupan suatu sel dan faktor interferensi yang akan menentukan pemakaian kembali frekuensi kanal. Dari ketiga hal tersebut akan membentuk susunan sel pada daerah yang harus dilayani. Kemudian setelah memahami kondisi susunan sel dapat ditetapkan pemakaian kanal per sel dan penataan frekuensi kanalnya.

## III.1 PROPAGASI PADA STKB

Daerah cakupan suatu sel sangat dipengaruhi oleh keadaan daerah sel tersebut yang berkaitan langsung dengan faktor propagasi radio-nya. Batas cakupan dari suatu sel dibatasi oleh kontur yang mengelilingi RBS dengan kuat medan tertentu.

Dikenal 3 jenis daerah pelayanan yaitu daerah urban, sub-urban dan daerah rural. *Federal Communication Commision* (FCC) merekomendasikan kuat medan pada masing-masing daerah seperti pada tabel 3.1.

Prakiraan rugi-rugi propagasi yang akan dibahas, didasarkan pada prediksi yang dilakukan oleh Y. Okumura dan M. Hata. Dengan acuan hasil prediksi tersebut maka





dapat ditentukan sampai sejauh mana daerah pelayanan suatu sel.

Hata membuat suatu formula empiris untuk rugi-rugi propagasi berdasarkan kurva-kurva prakiraan Okumura (kurva CCIR Rec. 567-3) dengan asumsi sebagai berikut :

- Rugi-rugi propagasi terjadi antara antena isotropis
- Permukaan datar dan beraturan
- Rugi-rugi propagasi untuk daerah urban dinyatakan sebagai rumus standar sehingga untuk daerah dengan kondisi yang berbeda perlu ditambahkan suatu persamaan koreksi.

TABEL 3.1<sup>16)</sup>

BATAS LIPUT DARI SEL UNTUK SISTEM AMPS

AREA	RECOMMENDED FIELD STRENGTH
Urban CBD	60 dB $\mu$ V/m average
Suburban	39 dB $\mu$ V/m average
Rural	34 dB $\mu$ V/m average

### III.1.1 Rumus Empiris Rugi-Rugi Propagasi

Rumus empiris prakiraan propagasi dari Hata merupakan fungsi dari frekuensi kerja  $f_c$ , ketinggian

<sup>16)</sup> Boucher, NJ, CELL SITE DESIGN, Cellular Radio Training Session, Jakarta, Nov. 1988, hal. 10

antena base station  $h_b$  dan ketinggian antenna mobil  $h_m$ .

Rumus empiris Hata ditunjukkan pada persamaan (3-1).

$$L_p = A + B \log R \quad (3-1)$$

di mana R adalah jarak lintasan propagasi, A ditentukan pada  $R = 1$  km dan B ditentukan oleh slope dari kurva-kurva kuat medan. Gambar 3.1 menunjukkan salah satu dari kurva kuat medan Okumura pada frekuensi 900 MHz.

Tabel 3.2 dan 3.3 menunjukkan harga-harga A dan B yang didapat dari kurva-kurva basic median dari ku medan.

Tabel 3.2 mempunyai kondisi yang beraturan yaitu :

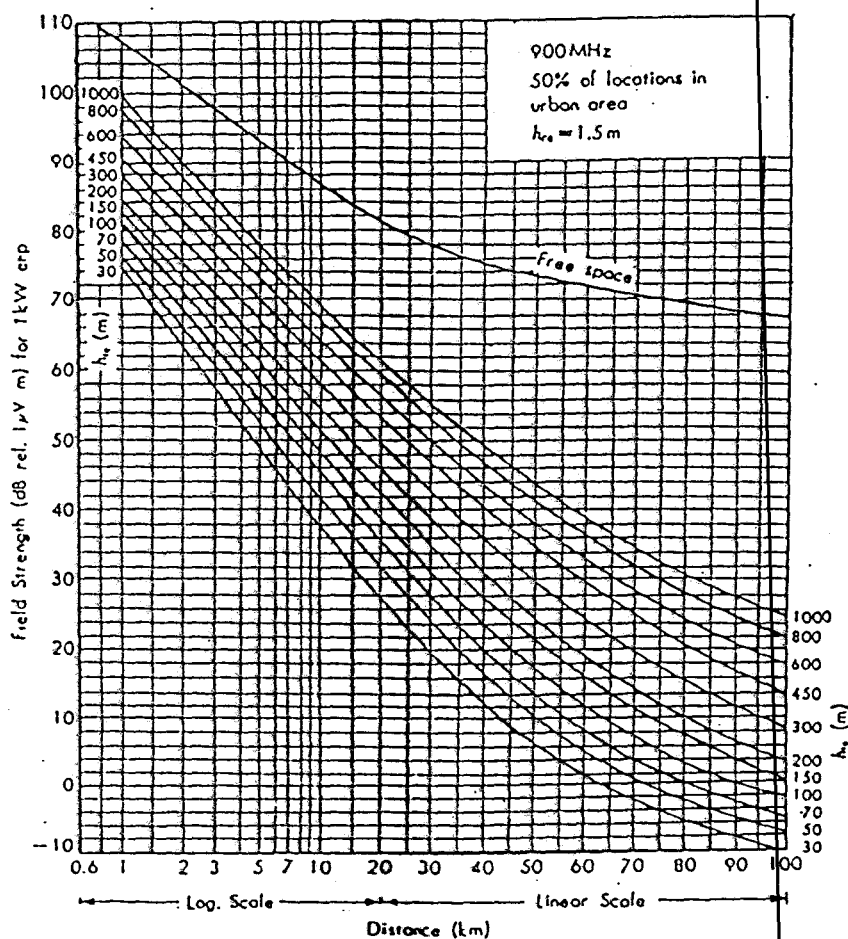
- Pada masing-masing frekuensi  $f_c$ , A menurun dua-dua berbanding terbalik dengan kenaikan  $h_b$  secara logaritmik.
- Bila  $f_c$  naik sebesar  $n$  kali untuk  $h_b$  tetap, A naik sebanding dengan  $\log n$ .

Dengan memperhatikan keadaan ini, A digambarkan seperti pada gambar 3.2 dan A dinyatakan sebagai :

$$A = 69,55 - 26,16 \log f_c - A(h_m) - 13,82 \log h_b \quad (3-2)$$

Demikian juga pada tabel 3.2 terdapat kondisi beraturan yaitu :

- Harga B tidak bergantung pada  $f_c$



GAMBAR 3.1<sup>17)</sup>

KURVA BASIC MEDIAN KUAT MEDAN PADA FREKUENSI 900 MHz

17) Okumura, Y and other, FIELD STRENGTH AND ITS VARIABILITY IN VHF AND UHF LAND-MOBILE RADIO SERVICE, Elec. Comm. Lab, Vol. 16, Sept-Oct 1968, hal. 865



MILIK PERPUSTAKAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH - NOPEL

- Penurunan harga B secara konstan berbanding terbalik dengan kenaikan  $h_b$  secara logaritmik.

Harga B ditunjukkan pada tabel 3.2 dan gambar 3.3. Garis yang menghubungkan harga mean pada masing-masing  $h_b$  hampir berupa garis lurus, yang dinyatakan sebagai :

$$B = 44,9 - 6,55 \log h_b \quad (3-3)$$

Dari persamaan (3-1), (3-2) dan (3-3) didapat persamaan (3-4) yang merupakan rumus untuk rugi-rugi propagasi.

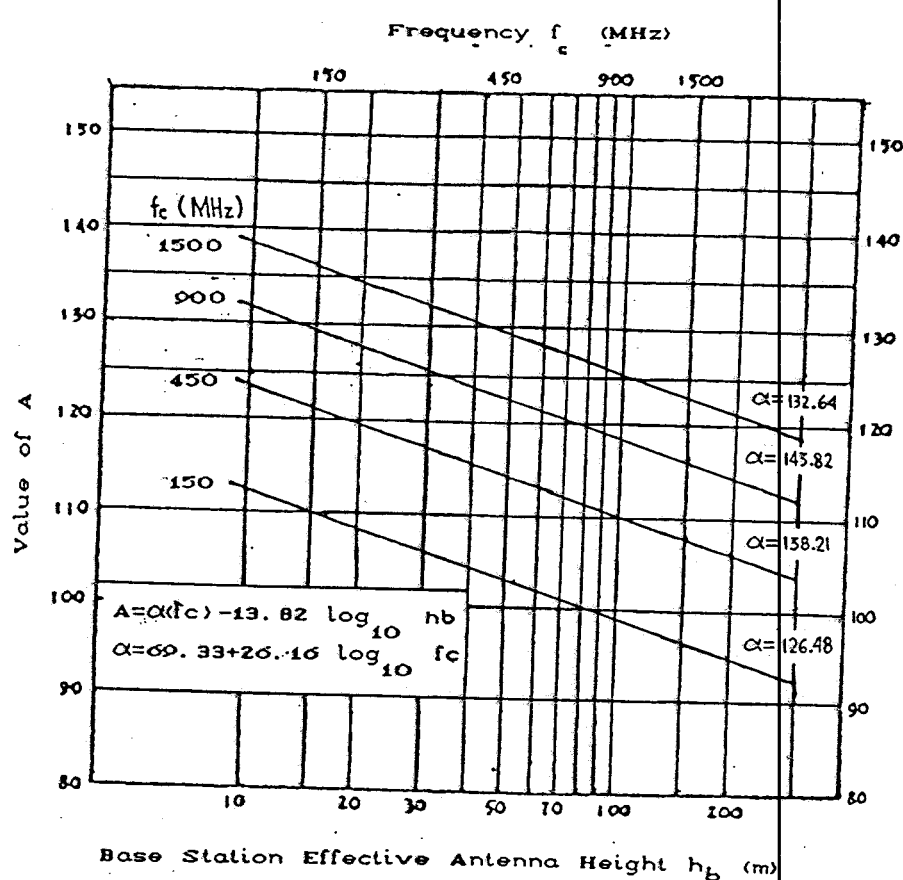
$$L_p = 69,55 + 26,16 \log f_c - 13,28 \log h_b - A(hm) + (44,9 - 6,55 \log h_b) \log R \quad (3-4)$$

TABEL 3.2<sup>18)</sup>

HARGA A

Hb (m)	Fc (MHz)			
	150	450	900	1500
30	105.50	117.00	124.50	132.00
50	103.00	114.00	122.50	129.50
70	101.00	112.00	120.50	127.00
100	98.50	110.00	115.50	125.00
150	96.50	108.00	116.50	123.00
200	94.50	106.00	114.50	121.00

<sup>18)</sup> Hata, EMPIRICAL FORMULA FOR PROPAGATION LOSS IN LAND-MOBILE AND SERVICE, IEEE Trans. On Veh. Tech. Vol. VT-29, No 3, Augst 1980, hal. 318



GAMBAR 3.2<sup>19)</sup>

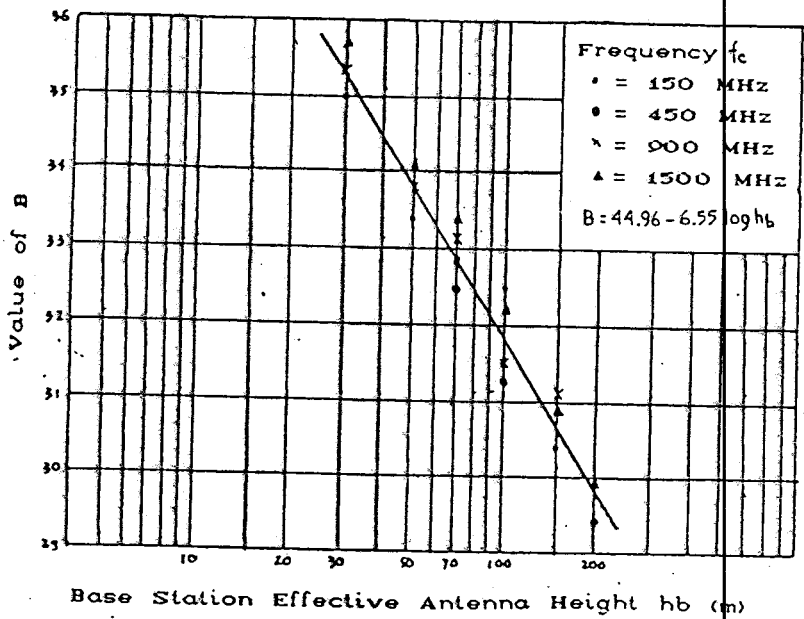
HARGA A

<sup>19)</sup> Ibid, hal. 318

TABEL 3.3<sup>20)</sup>

HARGA B

Hb (m)	Fc (MHz)			
	150	450	900	1500
30	35.00	35.00	35.70	35.70
50	33.40	34.10	33.80	34.10
70	33.20	32.50	32.20	33.40
100	31.50	31.30	32.50	32.20
150	30.40	30.40	31.10	30.90
200	29.90	29.40	29.90	29.90



GAMBAR 3.3<sup>21)</sup>

HARGA B

20) Ibid, hal. 318

21) Ibid, hal. 318

untuk  $f_c = 150 - 1500 \text{ MHz}$

$h_b = 30 - 200 \text{ m}$

$R = 1 - 20 \text{ km}$

dengan :

$$A(hm) = (1,1 \log f_c - 0,7)h_m - (1,56 \log f_c - 0,8) \quad (3-5)$$

Untuk daerah urban rugi-rugi propagasi dinyatakan oleh persamaan (3-4).

Untuk daerah sub-urban rugi-rugi propagasi dinyatakan persamaan (3-4) ditambah koreksi, sehingga menjadi persamaan (3-6).

$$L_p = \text{" persamaan (3.4) } - 2 \left( \log \frac{f}{28} \right)^2 - 5,4 \quad (3-6)$$

Sedangkan untuk daerah rural rugi-rugi propagasi ditunjukkan persamaan (3-7) dengan  $A(hm) = 0$ .

$$L_p = \text{" persamaan (3.4) } - 4,78 (\log f_c)^2 + 18,33 \log f_c - 40,94 \quad (3-7)$$

### III.1.2 Daerah Cakupan Radio Base Station

Daerah cakupan pelayanan suatu RBS dibatasi oleh faktor terrain atau oleh interferensi. Harga C/I (carrier to interference ratio) untuk sistem seluler harus minimum 18 dB. Pada kebanyakan sistem harga C/I sebesar 18 dB

cukup memenuhi walaupun masalah interferensi bisa terjadi. Kuat medan minimum yang diperlukan biasanya antara -86 dBm sampai -99 dBm. Sebagai contoh untuk daerah rural diperlukan kuat medan minimum -96 dBm, daerah sub-urban sebesar -86 dBm sedangkan daerah urban sebesar -80 dBm. Dengan memakai rumus-rumus Hata, daerah cakupan suatu RBS dapat dihitung.

Karena pada sistem seluler dipakai prinsip reuse maka daerah cakupan RBS juga dipengaruhi oleh faktor interferensi sebagai konsekuensinya. Harga interferensi biasanya diset sebesar 20 dB dibawah harga kuat medan minimum daerah cakupan.<sup>22)</sup>

### III.2 INTERFERENSI PADA STKB

Sasaran utama dari perencanaan sistem radio seluler adalah untuk menghemat spektrum yang tersedia dengan cara menggunakan kembali frekuensi kanal (Reuse Frequency). Batas jarak untuk penggunaan tersebut ditentukan oleh interferensi pemakaian frekuensi kanal yang sama (co-channel interference). Juga jarak pisah antar kanal yang bersebelahan merupakan parameter dalam menghindari interferensi akibat pemakaian kanal yang bersebelahan (adjacent channel). Oleh karena itu penting untuk memahami akibat dari kedua interferensi tersebut dalam

---

22) \_\_\_\_\_, CELLULAR MOBILE RADIO, ITU, RAS/86/186



perencanaan sistem radio seluler.

Interferensi lain yaitu interferensi akibat intermodulasi, rasio *near-to-far* dan interferensi antar sistem juga mempengaruhi sistem, tetapi bila dibandingkan dengan 2 jenis interferensi di atas pengaruhnya jauh lebih kecil sehingga tidak dibahas lebih terinci.

### III.2.1 Interferensi Pemakaian Kanal Yang Sama

Dalam pengaturan pemakaian kanal yang sama (co-channel) terdapat 2 atau lebih kanal komunikasi yang ditetapkan pada frekuensi yang sama. Tujuan pengaturan ini untuk meningkatkan penggunaan spektrum, tetapi karena terdapat 2 atau lebih kanal yang sama dalam keadaan bekerja maka interferensi dapat terjadi.

Parameter kunci dalam menghadapi interferensi co-channel adalah faktor reduksi interferensi co-channel ( $q$ ). Faktor ini merupakan rasio dari jarak antara 2 sel co-channel ( $D$ ) dan jari-jari daerah liput sel ( $R$ ).

$$q = \frac{D}{R} \quad (3-8)$$

Dari persamaan (2-7) didapat hubungan antara faktor reduksi dengan jumlah sel per kelompok ( $N$ ). Untuk pola 7-sel ( $N=7$ ) faktor reduksi berharga 4,58 sehingga jarak antara sel co-channel menjadi 4,58 kali jari-jari daerah pelayanan sel ( $R$ ).

Kebanyakan pada lingkungan radio mobil, menggunakan pola 7-sel belum cukup untuk menghindari interferensi co-channel. Untuk  $N > 7$  akan mengurangi interferensi co-channel, tetapi akan mengurangi jumlah kanal per sel akibatnya efisiensi spektrum menurun. Sebaliknya membuat  $N < 7$  akan menjadikan masalah interferensi co-channel lebih serius. Untuk mengatasi hal ini sistem dibedakan menjadi sel omnidirectional dan sel directional.

#### III.2.1.1 Faktor Reduksi Interferensi Co-channel

Dengan asumsi bahwa ukuran semua sel secara kasar adalah sama, ukuran sel ditentukan oleh daerah cakupan dari kuat medan pada tiap sel. Selama ukuran sel tetap, interferensi co-channel tidak tergantung pada daya pemancar tiap sel. Ini berarti level ambang yang diterima pada unit mobil diatur terhadap ukuran sel.

Jarak pisah  $D$  pada persamaan (3-8) adalah fungsi dari  $K_I$  dan  $C/I$ .

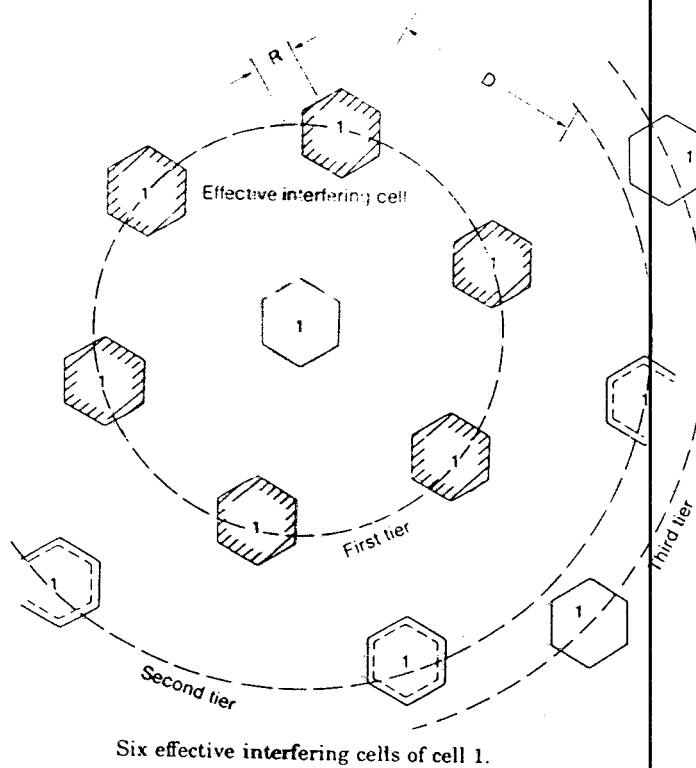
$$D = f(K_I, C/I) \quad (3-9)$$

$K_I$  adalah jumlah sel co-channel penyebab interferensi pada lingkaran pertama dan  $C/I$  adalah *carrier to interference ratio* pada penerima mobil.  $C/I$  diberikan oleh persamaan (3-10).

$$\frac{C}{I} = \frac{C}{\sum_{k=1}^K I_k} \quad (3-10)$$

Pada sistem 7-sel terdapat 6 sel co-channel yang efektif menyebabkan interferensi (*interferer*) seperti pada gambar 3.4, sehingga  $K_I = 6$ .

Interferensi co-channel dapat dialami oleh RBS maupun unit mobil di pusat sel. Bila interferensi yang



Six effective interfering cells of cell 1.

GAMBAR 3.4<sup>23)</sup>

ENAM SEL INTERFERER DARI SEL #1

<sup>23)</sup> Lee, WCY, MOBILE CELLULAR TELECOMMUNICATION SYSTEM, Mc-Graw Hill Book Co, New York, 1989, hal. 55

terjadi lebih besar, maka C/I pada unit mobil yang disebabkan oleh 6 interferer adalah sama dengan C/I yang diterima pada pusat RBS yang disebabkan oleh unit mobil dalam 6 sel interferer tersebut. Sesuai dengan teorema resiprok, dua harga C/I ini mendekati sama. Dengan menganggap noise lokal lebih kecil dari pada level interferensi dan dapat diabaikan, maka C/I dapat dinyatakan dengan persamaan (3-11).<sup>24)</sup>

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^K D_k^{-\gamma}} \quad (3-11)$$

di mana  $\gamma$  adalah slope rugi-rugi lintasan propagasi, untuk propagasi radio mobil  $\gamma = 4$ .<sup>25)</sup>

Substitusi persamaan (3-8) ke persamaan (3-11) menghasilkan persamaan (3-12).

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{\sum_{k=1}^K q_k^{-\gamma}} \quad (3-12)$$

### III.2.1.2 Harga C/I Pada Sistem Sel Omnidirectional

Diasumsikan bahwa  $D_k$  adalah sama untuk sistem 7-sel, dengan menggunakan persamaan (3.12) didapat C/I

<sup>24)</sup> Ibid, hal. 55

<sup>25)</sup> Lee, WCY, MOBILE COMMUNICATION ENGINEERING, McGraw-Hill Book Co. 1982, hal. 101

sebesar 18,65 dB. Harga C/I ini memenuhi syarat minimum sebesar 18 dB.<sup>26)</sup>

Tetapi pada lokasi diperbatasan sel R, seperti pada gambar 3.5, jarak dari ke 6 sel interferer tidaklah sama sehingga C/I menjadi :

$$\begin{aligned}\frac{C}{I} &= \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4}} \\ &= \frac{1}{2(q-1)^{-4} + 2q^{-4} + 2(q+1)^{-4}} \quad (3-13.a)\end{aligned}$$

dengan  $q = 4,6$  didapat  $C/I = 17$  dB, lebih kecil dari 18 dB. Bahkan pada keadaan terburuk jarak  $D_k$  menjadi  $D-R$  untuk ke 6 interferer tersebut sehingga didapat :

$$\begin{aligned}\frac{C}{I} &= \frac{R^{-4}}{6(D-R)^{-4}} \\ \frac{C}{I} &= \frac{1}{6(q-1)^{-4}} \quad (3-13.b)\end{aligned}$$

dengan  $q = 4,58$  didapat  $C/I = 14,37$  dB.

Pada kenyataan, lingkungan RBS tidak sempurna dan konfigurasi terrain tidak rata maka harga C/I yang diterima selalu lebih jelek dari 17,26 dB bahkan dapat

26) Lee, WCY, ELEMENT OF CELLULAR MOBILE RADIO SYSTEM, IEEE Trans. On Vehic. Tech. Vol. VT-35, No. 2, May 1986



sebesar 14 dB atau kurang.

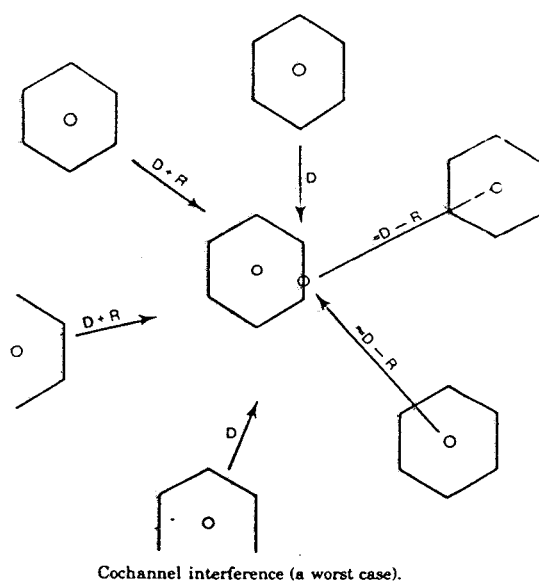
Dalam sistem sel omnidirectional  $N = 9$  atau  $N = 12$  dapat menjadi pilihan yang benar, dengan demikian harga  $q$  menjadi 5,2 ( $N=9$ ) dan 6 ( $N=12$ ).

Substitusi masing-masing harga  $q$  ke persamaan (2-13) didapat :

$$C/I = 19,78 \text{ dB} \quad N = 9$$

$$C/I = 22,54 \text{ dB} \quad N = 12$$

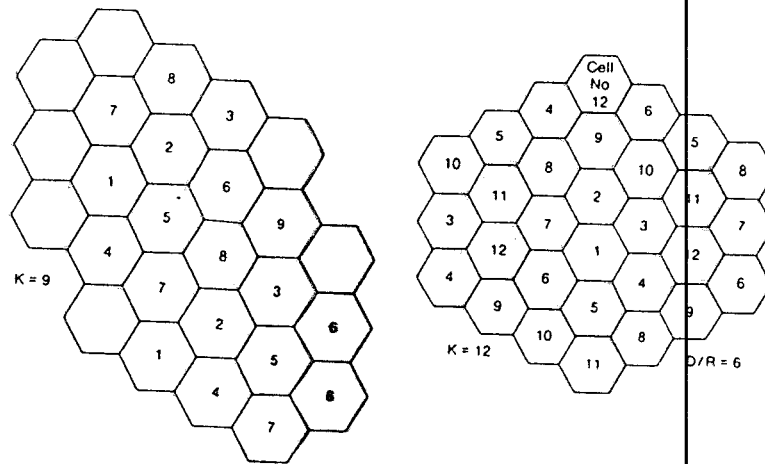
Konfigurasi sistem omnidirectional dengan  $N=9$  dan  $N=12$  ditunjukkan oleh gambar 3.6.



GAMBAR 3.5<sup>27)</sup>

KEADAAN TERBURUK INTERFERENSI CO CHANNEL

<sup>27)</sup> Lee, WCY, MOBILE CELLULAR TELECOMMUNICATION SYSTEM, McGraw-Hill Book Co., New York, 1989, hal. 185



GAMBAR 3.6

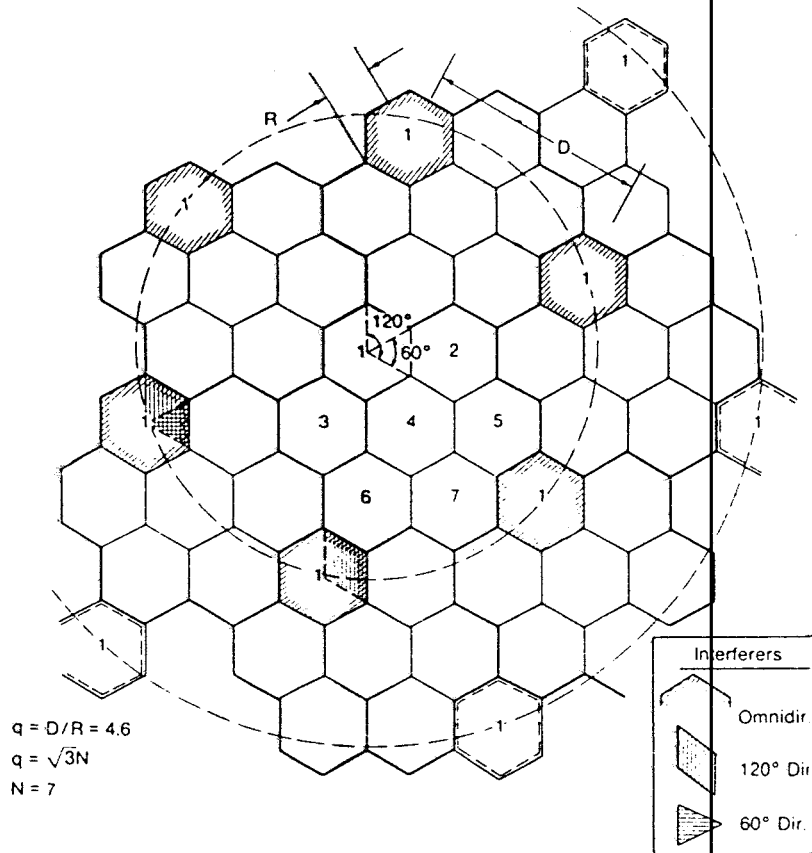
KONFIGURASI OMNIDIRECTIONAL DENGAN  $N=9$  DAN  $N=12$

### III.2.1.3 Harga C/I Pada Sistem Sel Directional

Interferensi co-channel dapat dikurangi dengan penggunaan antenna directional. Ini berarti tiap sel dibagi ke dalam 3 atau 6 sektor dengan memakai 3 atau 6 antenna directional pada base site. Tiap sektor ditetapkan sekelompok frekuensi kanal. Gambar 3.7 menunjukkan interferensi antara 2 sel co-channel pada sistem 7-sel.

#### III.2.1.3.1 Sistem 7-Sel Directional

Pada kasus 3 sektor, interferensi efektif hanya pada satu arah saja karena *front-to-back ratio* dari antenna directional dari RBS paling kecil 10 dB atau lebih. Jumlah interferer berkurang dari 6 menjadi 2 (lihat gambar 3.7). Keadaan C/I terburuk terjadi bila unit mobil

GAMBAR 3.7<sup>28)</sup>

## INTERFERENSI ANTARA 2 SEL CO CHANNEL PADA 7-SEL

berada di posisi E seperti pada gambar 3.8.a, yang mana jarak antara unit mobil dan 2 antena sektor interferer adalah  $D + 0,7R$  dan  $D$ . Harga  $C/I$  sekarang menjadi :

$$\begin{aligned}
 \frac{C}{I} &= \frac{R^{-4}}{(D+0,7R)^{-4} + D^{-4}} \\
 &= \frac{1}{(q+0,7)^{-4} + q^{-4}} \quad (3-14)
 \end{aligned}$$

28) Ibid, hal. 186



karena  $q = 4,58$  maka harga  $C/I = 24,49$  dB.

Jadi  $C/I$  yang diterima oleh unit mobil dari sistem antena sektor  $120^\circ$  jauh lebih besar dari 18 dB pada keadaan terburuk. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan antena sektor dapat memperbaiki carrier to interference ratio. Walaupun dalam kenyataan pada daerah yang padat trafiknya harga  $C/I$  dapat menjadi 6 dB lebih lemah dari keadaan terburuk tadi, akibat keadaan terrain yang tidak ideal. Harga  $C/I$  yang 24,49 dB bila dikurangi 6 dB masih tetap memenuhi syarat.

Pada kasus sel 6 sektor, sel dapat dibagi ke dalam 6 sektor dengan menggunakan antena sektor  $60^\circ$  seperti gambar 3.8b. Pada keadaan ini efektif hanya ada satu interferer yang dapat terjadi dalam tiap sektor (lihat gambar 3.7).  $C/I$  pada kasus ini menjadi :

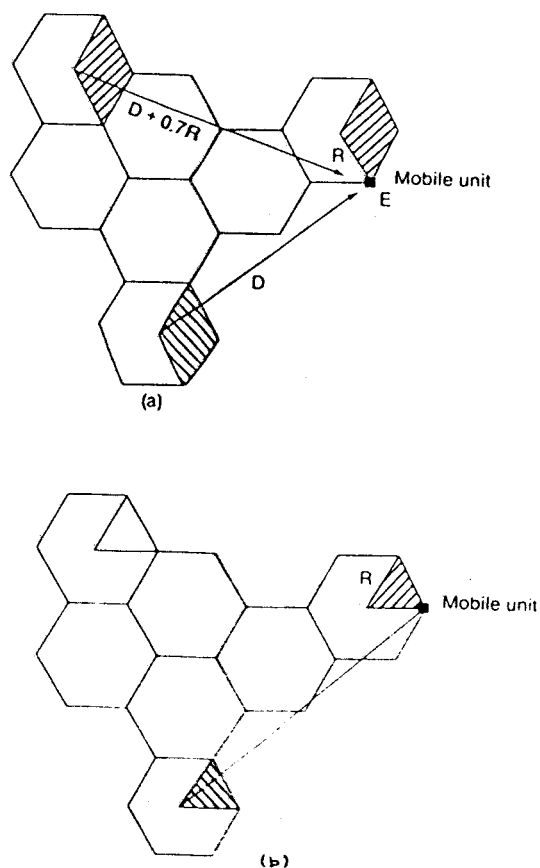
$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{(D+0,7R)^{-4}}$$

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{(D+0,7)^{-4}} \quad (3-15)$$

dengan  $q = 4,58$  maka  $C/I$  menjadi 29 dB, yang menunjukkan reduksi interferensi lebih baik, walaupun dikurangi 6 dB.

### III.2.1.3.2 Sistem 4-Sel Directional

Pada kasus 3 sektor, dengan cara seperti pada 7-sel, jumlah interferer efektif hanya 2 ( lihat gambar



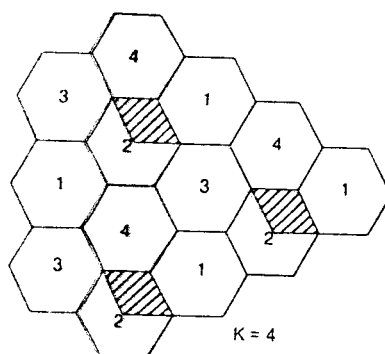
GAMBAR 3.8<sup>29)</sup>

INTERFERENSI PADA SISTEM DIRECTIONAL (N=7)

a) KASUS 3 SEKTOR    b) KASUS 6 SEKTOR

3.8). Dari persamaan (3-15) dengan harga  $q$  sebesar 3,46 maka harga C/I pada keadaan terburuk menjadi 19,86 dB. Bila dikurangi 6 dB untuk keadaan lebih jelek lagi maka C/I menjadi 13,86 dB yang kurang memenuhi syarat minimum.

<sup>29)</sup> Ibid, hal.188



GAMBAR 3.9<sup>30)</sup>

### INTERFERENSI PADA SISTEM 4-SEL DIRECTIONAL

Sedangkan pada kasus sel 6 sektor pada keadaan terburuk dengan persamaan (3-14) harga C/I menjadi 27 dB, bila dikurangi 6 dB masih tetap memenuhi.

#### III.2.1.4 Pemilihan Konfigurasi Sistem Sel

Sistem 7-sel dapat dipilih untuk tahap awal suatu sistem omnidirectional. Jarak sel-sel co-channel dapat disesuaikan dengan kriteria perencanaan. Bila trafik meningkat, sistem omni dapat diubah menjadi sel 3 sektor. Pada daerah tertentu yang padat trafiknya dapat diterapkan secara lokal sistem sel 6 sektor untuk meningkatkan pemakaian kanal.

Kelebihan dari sistem 4-sel 6-sektor adalah sistem memerlukan cell site yang lebih sedikit dari pada sistem

<sup>30)</sup> Ibid, hal. 190

7-sel 3-sektor. Sedangkan kekurangan dari sistem 6 sektor adalah memerlukan lebih banyak antena dan lebih banyak terjadi *hand off*. Pada sel ukuran kecil masalah interferensi menjadi sulit dikendalikan, jadi penggunaan sistem 4-sel 6-sektor hanya dipertimbangkan untuk implementasi khusus seperti sistem seluler portable. Untuk sel ukuran kecil ini alternatif yang lebih baik adalah memakai sistem 7-sel 3-sektor.

Motorola sebagai produsen sistem seluler memakai konfigurasi sistem sebagai berikut :

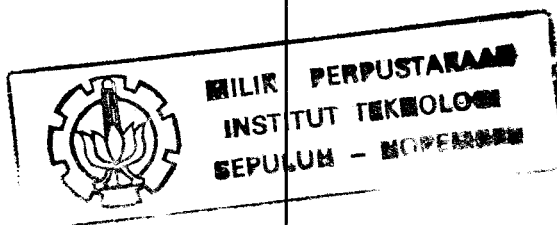
1. Sistem 12-sel untuk sel omnidirectional
2. Sistem 7-sel untuk sel directional 3 sektor
3. Sistem 4-sel untuk sel directional 6 sektor

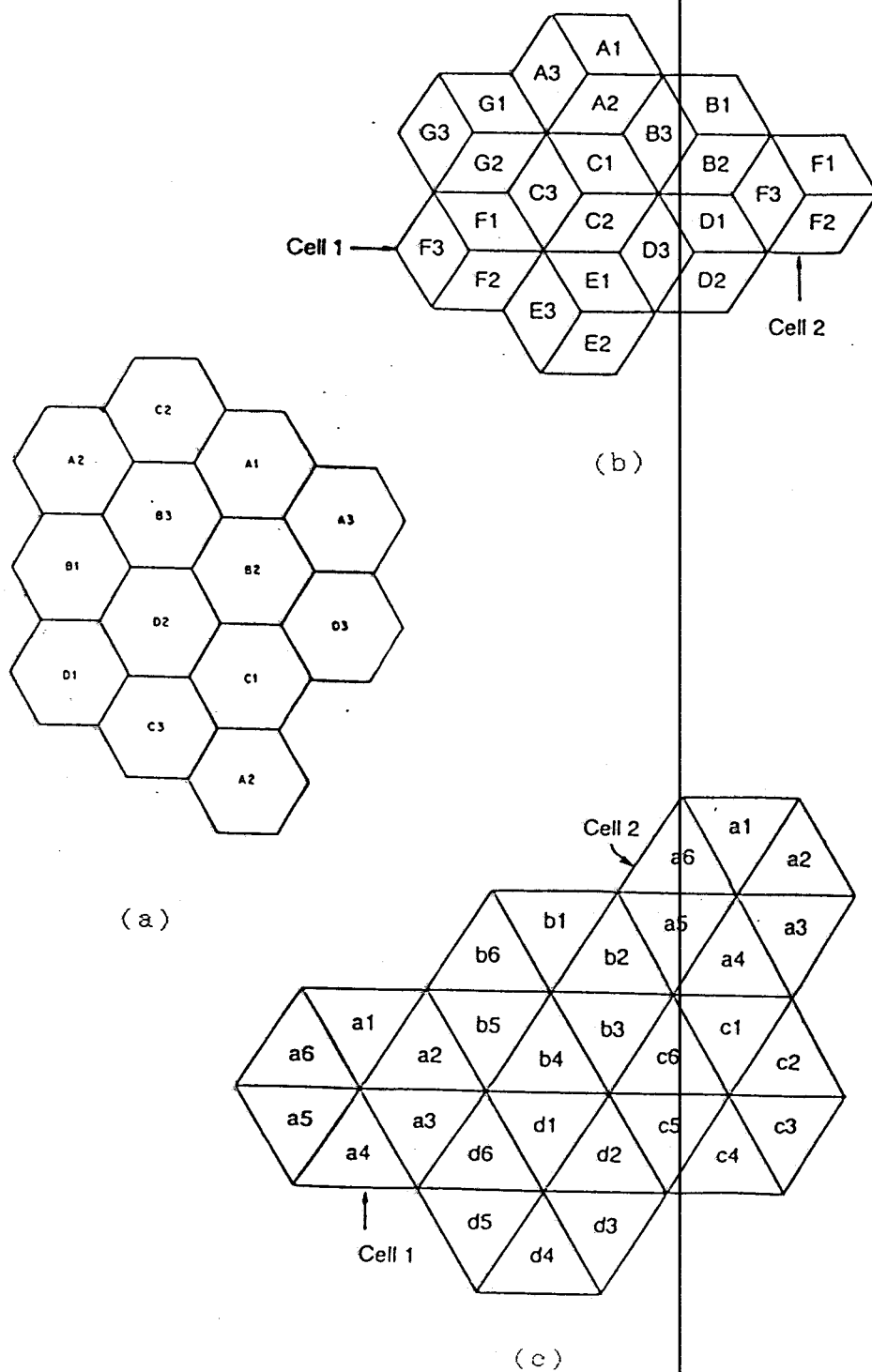
Gambar 3.10 menunjukkan konfigurasi sistem dari Motorola.

### III.2.2 Interferensi Pemakaian Kanal Bersebelahan

Interferensi *adjacent channel* lebih mudah penanganannya dari pada interferensi *co-channel*. Pengurangan interferensi ini dapat dilakukan dengan cara penetapan kanal yang bersebelahan dan pemakaian *high-gain-bandpass filter* pada penerima.

Interferensi ini meliputi interferensi *next channel* ( kanal selanjutnya dari kanal yang bekerja ) dan *neighboring channel* ( kanal yang jaraknya lebih dari satu kanal ).





GAMBAR 3.10

KONFIGURASI SISTEM MOTOROLA

a) 12-SEL OMNI b) 7-SEL 2-SEKTOR c) 4-SEL 6-SEKTOR

### III.2.2.1 Interferensi Next Channel

Interferensi next channel yang berpengaruh pada unit mobil tertentu tidak dapat disebabkan dari sel di mana unit mobil itu berada, tetapi berasal dari sel lain. Hal ini disebabkan pada *channel combiner* pada sel manapun menggabungkan kanal-kanal yang berjarak 21 kanal ( 630 kHz ) atau minimal 8 atau 10 kanal jauhnya. Oleh karena itu interferensi ini akan muncul bila sistem tidak dirancang secara benar. Cara mereduksi interferensi ini dilakukan pada bagian penerima dengan memakai filter yang baik.

### III.2.2.2 Interferensi Neighboring Channel

Kanal-kanal yang jaraknya beberapa kanal dari kanal berikutnya akan menyebabkan interferensi pada sinyal yang diinginkan. Biasanya sekelompok kanal ditetapkan pada tiap sel. Bila semua kanal secara bersamaan dipancarkan pada satu antena maka diperlukan isolasi yang cukup untuk multichannel combiner agar terhindar dari interferensi intermodulasi.

## III.3 PENGGUNAAN SPEKTRUM FREKUENSI

Mengingat spektrum frekuensi radio terbatas pada sistem radio seluler, penggunaan spektrum haruslah seefisien mungkin. Letak geografis berperan sangat penting dalam aplikasi penggunaan kembali frekuensi pada sistem seluler yang bertujuan meningkatkan efisiensi spektrum.

Banyak cara yang dipakai tetapi peningkatan efisiensi spektrum melalui cara pengaturan atau penataan frekuensi saja yang dibahas. Penataan frekuensi termasuk penetapan kanal pada sel-sel yang berbeda secara benar.

Untuk kebanyakan sistem radio efisiensi spektrum adalah sama dengan efisiensi kanal yaitu jumlah kanal maksimum yang dapat disediakan dalam band frekuensi yang diberikan. Definisi ini benar untuk sistem point-to-point yang tidak menerapkan penggunaan kembali frekuensi kanal seperti pada sistem radio seluler. Definisi yang cocok untuk sistem radio seluler adalah jumlah kanal per sel.

#### III.4 PENATAAN FREKUENSI

Fungsi dari penataan frekuensi adalah membagi jumlah total kanal yang tersedia ke dalam sub-kelompok yang ditetapkan pada tiap sel baik secara tetap (*fixed*) atau dinamis (*dynamically*).

Penataan frekuensi menunjukkan pada penunjukan kanal kontrol dan kanal suara, penomoran kanal dan pengelompokan kanal suara ke dalam sub-kelompok sub-kelompok.

##### III.4.1 Penomoran Kanal

Jumlah kanal yang didapat dari lebar pita frekuensi yang disediakan sebesar 50 MHz adalah 832 kanal dupleks dengan separasi antar kanal sebesar 30 kHz. Lebar pita

sebesar 50 MHz terdiri dari :

- Lebar pita 40 MHz untuk 666 kanal
- Lebar pita 10 MHz untuk 166 kanal tambahan

sehingga didapat 832 kanal dupleks. Tetapi kebanyakan sistem seluler masih mengoperasikan kanal yang 666 kanal.

Kanal sebanyak 666 dibagi dalam 2 kelompok yaitu blok A dan blok B. Kanal-kanal diberi nomor 1 sampai dengan 666 seperti ditunjukkan gambar 3.11. Selain itu di antara 666 kanal ditetapkan 42 kanal untuk kanal kontrol. Ke 42 kanal kontrol diatur sebagai berikut :

- Kanal nomor 313 - 333 untuk blok A
- Kanal nomor 334 - 354 untuk blok B.

Kanal kontrol ditetapkan pada nomor kanal tengah agar mudah dalam proses *scanning* kanal-kanal oleh *frequency synthesizer*.

#### III.4.2 Pengelompokan Kanal

Jumlah kanal suara untuk tiap sistem adalah 312 kanal. Karena terdapat 21 kanal kontrol untuk setiap sistem maka kanal-kanal suara dibagi ke dalam 21 kelompok kanal. Tiap kelompok kanal terdiri dari 16 kanal. Dalam satu kelompok jarak kanal yang bersebelahan adalah 21 kanal (630 kHz) seperti dapat dilihat pada gambar 3.11. Ke 16 kanal dalam kelompok tersebut dapat digabung dalam satu *frame* dan dihubungkan ke *channel combiner*. Separasi yang cukup lebar antara kanal yang bersebelahan diperlukan



	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	
148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	
232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	
253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	—	—	—	
313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	
334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	
355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	
397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	
418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	
439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	
460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	
502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	
523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	
544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	
565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	
586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	
607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	
628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	
649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	—	—	—	

Block A  
system  
↑  
↓  
Block B  
system

} Control  
channel  
sets

GAMBAR 3.11

## BLOK-BLOK KANAL

untuk isolasi agar tidak terjadi interferensi kanal bersebelahan. Tiap kelompok 16 kanal diperuntukkan secara ideal untuk tiap 16-channel combiner. Dalam sistem 7-sel tiap sel terpasang 3 kelompok yaitu  $iA + iB + iC$  di mana  $i$  adalah bilangan bulat 1 sampai 7. Jumlah total kanal suara dalam sebuah sel sekitar 45 kanal. Separasi minimum antara 3 kelompok kanal adalah 7 kanal. Bila 6 kelompok direncanakan dalam sebuah sel omni, separasi minimum antara 2 kanal yang bersebelahan dapat berjarak hanya 3 ( $21/6 > 3$ ) lebar kanal.

## III.4.3 Kanal Kontrol

Kanal kontrol (*set up channel*) adalah kanal yang

ditetapkan untuk membangun sebuah panggilan. Sistem dapat saja bekerja tanpa kanal kontrol, maka semua kanal (333 kanal) dalam tiap sistem (blok A dan blok B) menjadi kanal suara, tetapi tiap unit mobil harus men-scan 333 kanal tersebut secara terus menerus dan mendeteksi pensinyalan untuk membangun panggilan. Seorang pelanggan yang ingin membangun panggilan harus men-scan semua kanal dan mencari kanal yang *idle* (kanal yang tidak sedang digunakan).

### III.5 PENETAPAN KANAL

Secara prinsip penetapan kanal dibedakan dalam 2 kategori yaitu penetapan kanal secara tetap dan penetapan kanal tidak tetap. Implementasi dari jenis-jenis penetapan kanal tersebut tergantung pada kondisi trafik pelanggan suatu stasiun dasar. Pada sub bab ini akan dibahas jenis-jenis penetapan tersebut.

#### III.5.1 Penetapan Kanal Tetap

Penetapan kanal tetap berarti tiap sel menetapkan kanal-kanal radio yang dimilikinya pada unit mobil yang berada dalam pelayanannya.

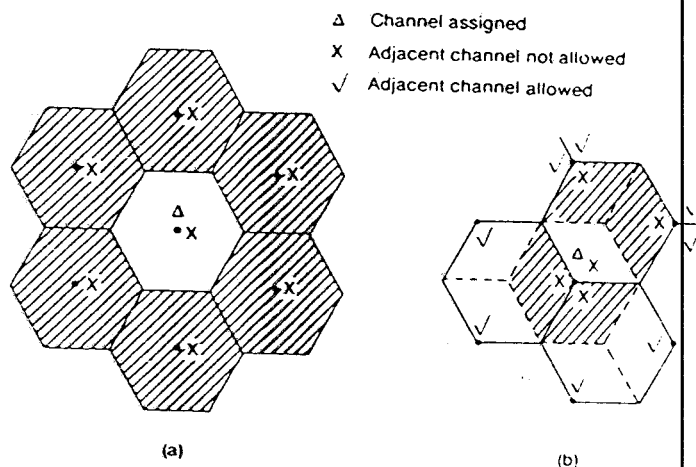
##### III.5.1.1 Kanal Berdekatan

Penetapan kanal yang bersebelahan meliputi penetapan neighboring channel dan next channel. Untuk



menghindari interferensi kanal yang bersebelahan ini, harus dipastikan secara benar dalam menetapkan kanal-kanal tersebut baik pada sistem sel omnidirectional maupun sistem sel directional.

Dalam sistem sel omnidirectional bila sebuah kanal ditetapkan ditengah-tengah sistem sel maka kanal berikutnya (next channel) tidak boleh ditetapkan pada sel yang sama. Demikian juga tidak boleh ada next channel termasuk neighboring channel yang ditetapkan pada sel-sel tetangganya pada daerah sistem sel yang sama seperti



GAMBAR 3.12<sup>31)</sup>

PENETAPAN KANAL YANG BERSEBELAHAN

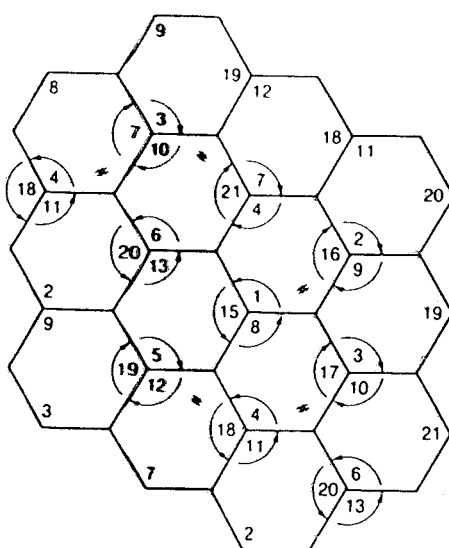
a) OMNIDIRECTIONAL b) DIRECTIONAL

31) Ibid, hal. 257

ditunjukkan gambar 3.12.a. Sedangkan pada sistem sel directional bila sebuah kanal telah ditetapkan pada suatu arah tertentu maka next channel tidak boleh ditetapkan pada arah yang sama atau pada dua arah sel didepannya demikian juga next channel tidak boleh ditetapkan pada dua arah lainnya pada sel yang sama seperti ditunjukkan gambar 3.12.b. Penetapan next channel pada sektor berikutnya sel yang sama dilakukan juga untuk meningkatkan kapasitas.

#### III.5.1.2 Kanal Sharing

Gambar 3.13 menunjukkan pola 7-sel dengan tiga muka. Terdapat 21 kelompok kanal dengan tiap kelompok kanal terdiri dari 16 kanal. Ketika sebuah sel memerlukan lebih banyak kanal, kanal-kanal pada muka yang lain pada sel yang sama dapat dibagikan (*shared*) untuk menangani beban lebih (*overload*) yang terjadi dalam jangka waktu yang pendek (*short term*). Untuk memenuhi diagram alir dari penetapan kanal yang bersebelahan, *sharing* selalu dilakukan secara berputar (*cyclic*). *Sharing* akan meningkatkan efisiensi trunking dari kanal. Mengingat kanal yang bersebelahan tidak boleh dibagikan dengan kanal nominal pada sel yang sama maka kelompok kanal 4 dan 5 tidak dapat dibagikan dengan kelompok kanal 12 dan 18 seperti yang ditunjukkan dengan tanda grid pada gambar 3.13. Walaupun demikian sub-kelompok atas dari kelompok kanal 4 dapat dibagikan dengan sub-kelompok bawah dari



GAMBAR 3.13<sup>32)</sup>

#### ALGORITHMMA KANAL SHARING

kelompok kanal 5 tanpa terjadi interferensi. Dalam sistem kanal sharing, combiner channel harus fleksibel agar supaya menggabungkan sampai 32 kanal pada satu muka. Alternatif lain dapat dipakai antena yang siap untuk standby.

#### III.5.1.3 Peminjaman Kanal

Peminjaman kanal (*channel borrowing*) dipakai untuk menangani beban lebih yang panjang (*long term*). Tingkat peminjaman kanal yang tersedia dari sel yang lain bergantung pada kepadatan trafik. Peminjaman kanal dapat diterapkan dari satu muka ke muka yang lain pada sel yang sama.

<sup>32)</sup> Ibid, hal. 258

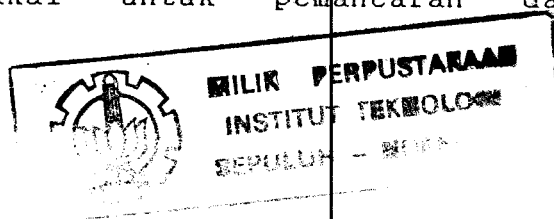
Pusat sel dapat meminjam kanal-kanal dari sel-sel tetangganya. Pola peminjaman kanal dipakai terutama untuk sistem yang pertumbuhannya lambat. Peminjaman ini sering berguna untuk menunda pembelahan sel pada daerah trafik puncak. Pembelahan sel merupakan usaha terakhir dalam menangani trafik karena pertimbangan biaya yang mahal.

#### III.5.1.4 Sektorisasi

Jumlah total kanal yang tersedia dapat dibagi ke dalam kelompok-kelompok tergantung pada sektorisasi konfigurasi sel apakah dibagi dalam  $120^\circ$  sektor,  $60^\circ$  sektor atau  $45^\circ$  sektor. Sistem 7-sel biasanya menggunakan  $120^\circ$  sektor (3 sektor) per sel dengan jumlah total kelompok kanal sebanyak 21. Pada lokasi tertentu dan situasi khusus sudut sektor dapat dikurangi atau dipersempit supaya kanal yang ditetapkan pada satu sektor lebih banyak tanpa meningkatkan interferensi neighboring channel. Sektorisasi juga bertujuan sebagaimana pada peminjaman kanal dalam menunda pembelahan sel. Disamping itu pengkoordinasian kanal untuk menghindari interferensi kanal yang sama lebih mudah dalam sektorisasi dari pada dalam pembelahan sel. Tetapi efisiensi trunking menurun untuk jumlah kanal yang diberikan sama.

Terdapat 3 jenis dasar sektorisasi yaitu :

1. Sektorisasi  $120^\circ$  dipakai untuk pemancaran dan



penerimaan. Tiap sektor mempunyai sejumlah frekuensi yang telah ditetapkan.

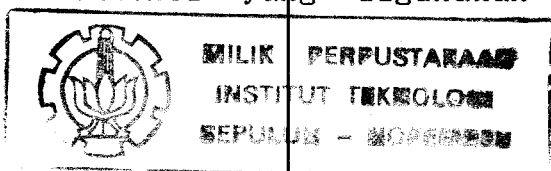
2. Sektorisasi  $60^\circ$  dipakai untuk pemancaran dan penerimaan. Lebih banyak membutuhkan hand off.
3. Sektorisasi  $120^\circ$  atau  $60^\circ$  dipakai hanya untuk penerimaan. Pada kasus ini antena pemancar adalah antena omnidirectional. Jumlah kanal tidak dibagi untuk tiap sektor, oleh karena itu tidak diperlukan hand off ketika perpindahan sektor. Konfigurasi ini tidak mengurangi interferensi atau menaikkan rasio D/R, tetapi hanya memberikan handoff yang lebih akurat pada sel-sel tetangga.

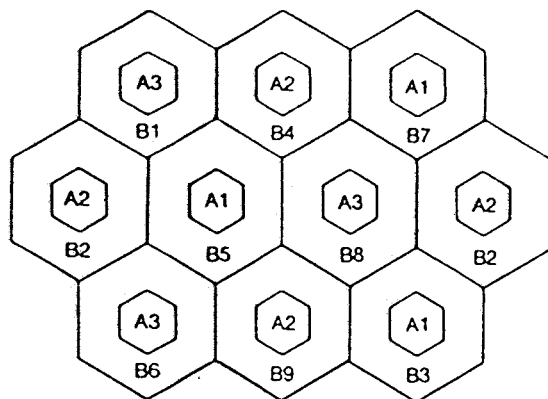
#### III.5.1.5 Underlay-Overlay

Pada kenyataannya sel yang seragam jarang ditemukan sebab kondisi trafik yang bervariasi di daerah dan lokasi RBS yang berbeda.

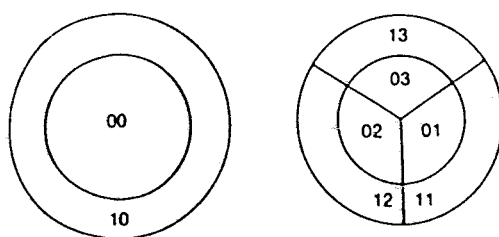
Pengulangan dua kelompok kanal pada pola sel yang berbeda dapat dilakukan pengaturan underlay-overlay seperti ditunjukkan oleh gambar 3.14. Sel yang kecil ditumpangkan pada sel yang lebih besar. Sel yang kecil dan sel yang besar ditetapkan sebagai sel yang berbeda dan dianggap sebagai sel-sel yang bertetanggaan.

Penggunaan sebuah antena omnidirectional pada satu sel menghasilkan 2 daerah sub-ring dan penggunaan 3 antena overlay berbeda dengan kelompok frekuensi yang digunakan



GAMBAR 3.14<sup>33)</sup>

SEL OVERLAY-UNDERLAY

GAMBAR 3.15<sup>34)</sup>

PENGUNAAN ORIENTASI ANTENA PADA UNDERLAY-OVERLAY

dalam daerah underlay. Pengaturan ini mencegah interferensi kanal bersebelahan dan kanal yang sama.

### III.5.2 Penetapan Kanal Tidak Tetap

Pada penetapan kanal ini tidak ada kanal yang

33) Ibid, hal. 260

34) Ibid, hal. 256



ditetapkan secara tetap pada unit mobil di suatu area stasiun dasar sehingga kanal dapat ditetapkan pada unit mobil manapun.

#### III.5.2.1 Kanal Dinamis

Pada penetapan kanal dinamis tidak ada kanal-kanal yang ditetapkan secara tetap pada tiap sel. Maka dari itu kanal manapun dari 312 kanal radio dapat ditetapkan pada unit mobil. Hal ini berarti bahwa sebuah kanal ditetapkan secara langsung ke unit mobil.

#### III.5.2.2 Kanal Hibrid

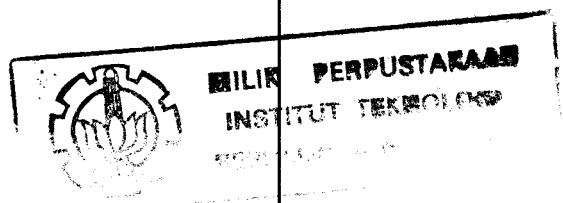
Penetapan kanal ini merupakan kombinasi dari penetapan kanal tetap dan penetapan kanal dinamis. Sebagian dari total frekuensi akan menggunakan penetapan kanal tetap dan sisanya akan menggunakan penetapan kanal dinamis.

#### III.5.2.3 Penetapan Borrowing Channel

Penetapan ini dipakai juga pada penetapan kanal tetap sebagai penetapan kondisi normal. Ketika semua kanal yang ditetapkan dipakai maka sel meminjam kanal-kanal dari sel-sel tetangganya.

#### III.5.2.4 Penetapan Forcible-Borrowing Channel

Pada penetapan ini bila sebuah kanal dipakai dan



situasi memungkinkan, kanal harus dipinjam dari sel-sel tetangga dan pada saat yang sama kanal yang lain akan ditetapkan untuk melanjutkan panggilan pada sel tetangga.

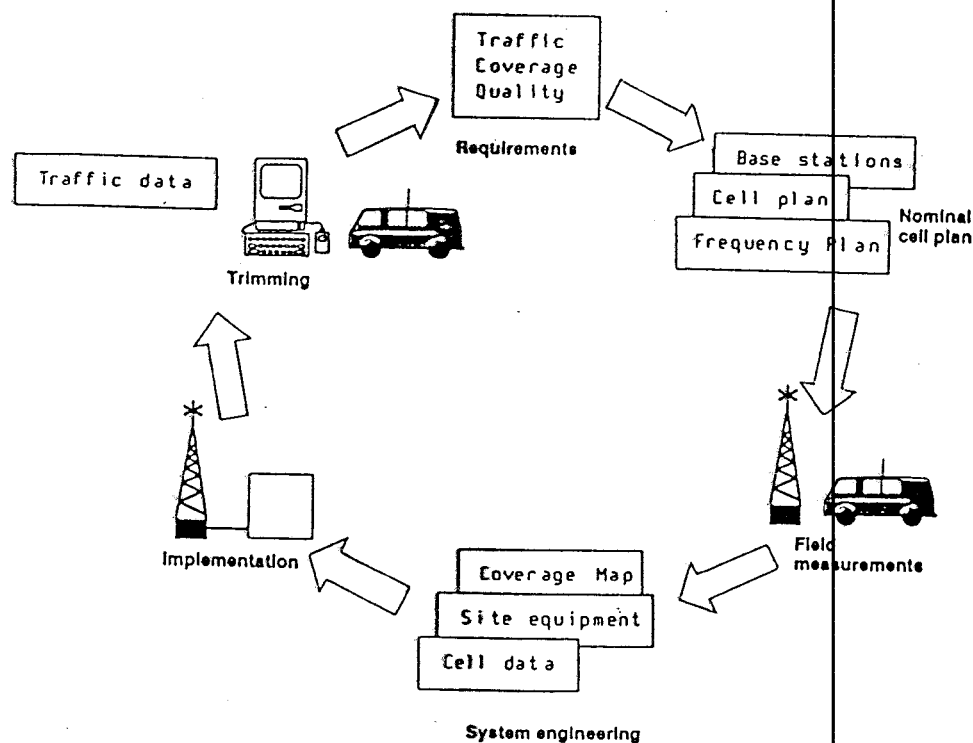
Sangat jarang tidak terdapat kanal yang dapat dipinjam pada sel-sel yang bertetangga. Kanal-kanal yang sedang beroperasi dapat dipinjam secara paksa dan akan diganti oleh kanal baru dalam sel tetangga. Bila semua kanal pada sel-sel tetangga tidak dapat dipinjam karena masalah interferensi maka penetapan secara ini akan dihentikan.

#### IV.1 DASAR PERENCANAAN STKB

Perencanaan meliputi penentuan lokasi radio base station, coverage sel, kanal radio, frekuensi yang dipakai, parameter sel dan lainnya. Tujuannya untuk memberikan coverage radio pada daerah yang diinginkan dengan kualitas dan kapasitas yang memenuhi serta biaya yang seminim mungkin dalam rentang waktu yang pendek (*short-term cost*).

Jaringan tahap awal harus direncanakan sedemikian rupa sehingga jaringan mengalami pengembangan secara bertahap dan metodik. Kalau tidak maka pengelola akan mengalami pembiayaan konfigurasi ulang yang mahal.

Bagian terpenting adalah perhitungan dan pengukuran propagasi, penetapan dan pengukuran kepadatan trafik, bersama-sama dengan perencanaan frekuensi dan pengesetan parameter. *Ericsson radio system* sebagai salah satu supplier terbesar sistem seluler menerapkan perencanaan yang bersifat iteratif dengan melakukan sejumlah pengujian lapangan dan koreksi sehingga akan didapat penampilan sistem yang terbaik. Gambar 4.1 menunjukkan ilustrasi perencanaan sistem seluler yang dilakukan secara iteratif.



GAMBAR 4.1<sup>35)</sup>

## PERENCANAAN ITERATIF JARINGAN TELEPON RADIO MOBIL

### IV.1.1 Regulasi Dan Prospek Pemasaran

Tahap perencanaan merupakan tahap kritis dalam implementasi suatu sistem seluler. Bila tidak dilakukan secara baik dan benar akan menghasilkan penampilan pelayanan yang jelek dan membutuhkan investasi yang besar. Oleh karena itu harus dilakukan secara hati-hati agar terhindar dari masalah di masa mendatang dan memberikan

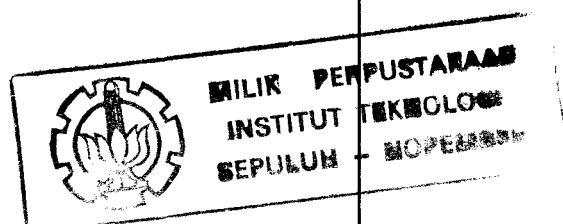
35) Jismalm, G and Lejda, CELL PLANNING PRODUCT AND SERVICE, Ericsson Review, No. 2, 1990

keluwesan untuk pengembangan sistem yang berkelanjutan.

Elemen penting yang harus diperhatikan pertama dalam merencanakan sistem seluler adalah regulasi atau aturan-aturan yang berlaku dan situasi *market*. Regulasi yang berlaku di suatu negara dengan negara lainnya tentu berbeda. Pemahaman akan regulasi ini dapat menentukan sistem apa yang akan dipakai. Elemen lain adalah keadaan pasar dari sistem yang direncanakan. Selalu diharapkan implementasinya harus memiliki prospek pemasaran yang baik sehingga dari segi investasi sangat menguntungkan.

Hal-hal yang mesti ditangani dari segi pemasaran adalah :

1. Penentuan prediksi pendapatan kotor yang akan didapat.  
Jumlah populasi, pendapatan rata-rata, jenis-jenis bisnis dan zona-zona bisnis merupakan variabel dalam prediksi ini.
2. Penentuan daerah yang akan dicakup dan pelayanan jangka pendek yang bisa diberikan pada daerah yang terbatas tersebut. Penentuan ini harus memperhatikan aspek teknis.
3. Pemahaman terhadap kompetitor apabila lebih dari satu pengelola sistem seluler yang ada. Produk yang dihasilkan harus memberikan penampilan pelayanan yang khas dan menonjol sehingga mendukung kemampuan daya saing.



#### IV.1.2 Daerah Pelayanan

Daerah pelayanan sistem adalah gabungan dari cakupan beberapa sel yang ada dalam sistem seluler. Secara teoritis terdapat banyak model kelompok sel yang dapat dipakai. Model-model tersebut dikembangkan berdasarkan asumsi homogenitas sel. Pada kenyataan aspek homogenitas ini jarang ditemukan karena terutama distribusi trafik yang sebenarnya tidaklah mengikuti pola yang dimodelkan.

Konsekuensi dari ketidak-homogenan ini mempengaruhi perencanaan implementasinya sehingga pola sel yang direncanakan akan disesuaikan dengan distribusi trafik yang diestimasikan sehingga menghasilkan daerah pelayanan yang efisien dan ekonomis.

#### IV.1.3 Parameter Perencanaan

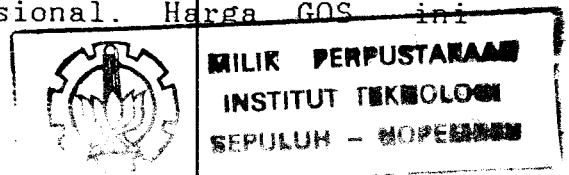
Selain penentuan dan estimasi aspek-aspek daerah pelayanan yang akan dicakup oleh sistem beserta prospek pemasarannya, parameter sistem STKB yang penting adalah :

##### 1. Busy hour traffic

- Daerah urban ditentukan sebesar 0.030 Erl/subscriber
- Daerah sub-urban ditentukan sebesar 0.025 Erl/subscriber
- Daerah rural ditentukan sebesar 0.025 Erl/subscriber.

##### 2. Grade of service (GOS)

Grade of service untuk STKB lebih besar dari GOS untuk sistem telepon konvensional. Harga GOS ini



ditentukan sebesar 0.05.

### 3. Band frekuensi

Penentuan band frekuensi berdasarkan sistem yang akan dipakai.

### 4. Estimasi distribusi trafik PLMN

- internal PLMN (Public Land Mobile Network)
- PLMN --- PSTN
- PSTN --- PLMN

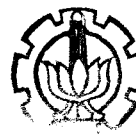
#### IV.1.4 Prosedur Perencanaan

Prosedur perencanaan secara umum dapat dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut :

1. Penentuan daerah-daerah yang potensial bagi sistem dan estimasi distribusi trafik pada daerah-daerah tersebut.
2. Estimasi jumlah radio base station yang diperlukan berdasarkan coverage dan pemilihan lokasi untuk RBS dari lokasi yang disurvey.
3. Penentuan coverage tiap sel.
4. Perhitungan kanal yang diperlukan dengan mengingat terbatasnya band frekuensi dan menerapkan teknik pemakaian ulang frekuensi kanal (reuse frequency).
5. Penentuan konfigurasi sistem.

#### IV.2 PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI

Perencanaan alokasi frekuensi tergantung pada perencanaan dan perhitungan daerah cakupan yang bisa



dilayani oleh suatu sel. Selain itu daerah cakupan dapat diperoleh dengan mengadakan pengukuran kuat medan di lapangan. Tetapi kebanyakan perencanaan dilakukan berdasarkan hasil perhitungan. Perhitungan ini telah dibahas pada bab sebelumnya.

Parameter yang harus diketahui dalam perhitungan daerah cakupan meliputi :

- tinggi antena base station dan tinggi antena unit mobil
- jenis antena dan gain yang dipakai
- daya yang dicatu ke antena
- rugi-rugi
- jenis daerah pelayanan
- frekuensi kerja.

Peta dari daerah pelayanan sangat diperlukan dalam perencanaan alokasi frekuensi dan dipadu dengan perhitungan daerah cakupan dari RBS.

#### IV.2.1 Langkah-Langkah Perencanaan

Berdasarkan data-data tersebut di atas perencanaan frekuensi dapat dilakukan dalam 3 langkah perencanaan yaitu :

1. Estimasi daerah cakupan dan daerah interferensi bagi setiap radio base station.
2. Pembuatan matrik interferensi.
3. Pengelompokan radio base station yang dapat menggunakan frekuensi kanal yang sama.



#### IV.2.1.1 Estimasi Daerah Cakupan Dan Daerah Interferensi

Perhitungan dan prakiraan daerah cakupan dan daerah interferensi dari suatu radio base station menggunakan rumus-rumus empiris dari Hata. Metode lain seperti pengukuran dapat juga digunakan. Untuk jaringan sel berukuran kecil dengan daerah cakupan kurang dari 2 km, metode pengukuran merupakan cara yang paling baik karena akan menghasilkan perencanaan yang lebih teliti.

#### IV.2.1.2 Matrik Interferensi

Hasil perhitungan atau estimasi daerah cakupan dan interferensi harus diperhatikan secara hati-hati. Dari hasil tersebut dapat diketahui sel-sel yang dapat diterapkan penggunaan kembali frekuensi. Penerapan penggunaan kembali frekuensi ini untuk sel-sel optimum yaitu sel-sel terdekat yang memenuhi persyaratan bebas interferensi. Penentuan sel-sel optimum ini dapat ditabelkan sebagai matrik interferensi di mana sel-sel yang tidak dapat diterapkan penggunaan kembali frekuensi ditandai seperti tabel 4.1. Tabel 4.1 menunjukkan matrik interferensi dari sel-sel berukuran sama pada gambar 4.1 dengan asumsi pola 7-sel.

Dengan memperhatikan sel A pada gambar 4.1, frekuensi-frekuensi yang dipakai pada sel A tidak dapat dipakai ulang pada sel B, C dan E. Demikian juga untuk sel-sel D, G, J, H dan F. Sehingga pada kolom matrik dari

sel-sel tersebut ditandai dengan " x ". Sel-sel I, L, O, M dan K merupakan sel-sel yang paling dekat letaknya dengan sel A yang mana pemakaian frekuensi secara ulang dapat diterapkan. Sel-sel ini adalah sel-sel optimum untuk pemakaian ulang. Oleh karena itu pada matrik ditandai dengan " o ". Juga sel-sel N, P, Q, R dan S dapat memakai frekuensi yang sama dengan yang dipakai sel A namun sel-sel ini tidak optimum untuk penerapan pemakaian ulang frekuensi, sehingga pada matrik dibiarkan tidak ditandai. Kemudian untuk sel-sel lainnya dikerjakan seperti sel A. Matrik interferensi akan membentuk matrik simetris terhadap sumbu AA-SS.

Matrik interferensi yang telah dibuat akan menjadi dasar dari perencanaan frekuensi. Matrik ini khas untuk sel-sel pada gambar 4.1. Bila terdapat tambahan sel baru atau perubahan parameter dari radio base station maka matrik tersebut harus diubah sesuai kondisi sel yang ada.

#### IV.2.1.3 Alokasi Frekuensi

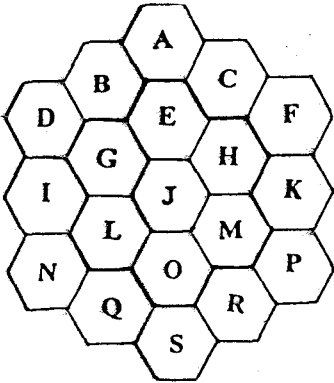
Berdasarkan matrik interferensi perencanaan alokasi frekuensi dapat dibuat dengan sejumlah pemecahan yang berbeda. Tetapi terdapat beberapa pemecahan yang optimum.

Aturan-aturan yang dipakai dalam pengalokasian frekuensi adalah :

1. Pencarian daerah kritis yaitu daerah-daerah yang

TABEL 4.1  
MATRIK INTERFERENSI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
A		x	x	x	x	x	x	x	o	x	o	o	o		o				
B	x		x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	o	o	o		o		
C	x	x		o	x	x	x	x	o	x	x	o	x		o	o		o	
D	x	x	o		x		x	o	x	x		x	o	x	o		o		
E	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	o	x	o	o	o	o
F	x	o	x		x		o	x		x	x	o	x		o	x		o	
G	x	x	x	x	x	o		x	x	x	o	x	x	x	x	o	x	o	o
H	x	x	x	o	x	x	x		o	x	x	x	x	o	x	x	o	x	o
I	o	x	o	x	x		x	o		x		x	o	x	x		x	o	o
J	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
K	o	o	x		x	x	o	x		x		o	x		x	x	o	x	o
L	o	x	o	x	x	o	x	x	x	x	o		x	x	x	o	x	x	x
M	o	o	x	o	x	x	x	x	o	x	x	x		o	x	x	x	x	x
N		o		x	o		x	o	x	x		x	o		x		o	x	x
O	o	o	o	o	x	o	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x
P			o		o	x	o	x		x	x	o	x		x		o	x	x
Q		o		o	o		x	o	x	x	o	x	x	o	x	o		x	x
R			o		o	o	o	x	o	x	x	x	x	x	x	x	x		x
S					o		o	o	o	x	o	x	x	x	x	x	x	x	



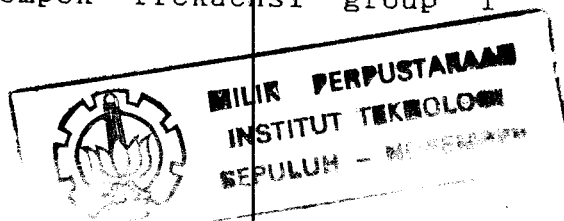
GAMBAR 4.2  
ILUSTRASI SEL-SEL UNTUK MATRIK INTERFERENSI

kapasitas trafik tinggi. Biasanya daerah ini berada di pusat-pusat kesibukan kota atau daerah yang mempunyai kepadatan trafik yang tinggi.

2. Jumlah total frekuensi yang dipakai pada daerah kritis akan memberikan jumlah total frekuensi yang diperlukan.
3. Pencarian sel-sel optimum yang memakai jumlah frekuensi yang hampir sama.
4. Melakukan lebih dari satu perencanaan alokasi frekuensi yang berbeda dan dipilih yang paling baik. Bila pemakaian frekuensi lebih besar dari pada pemakaian frekuensi yang diminta oleh daerah kritis maka berarti daerah yang dipilih bukan daerah kritis atau daerah kritis yang salah berarti perencanaan frekuensi tidak optimum.
5. Bila jumlah total frekuensi lebih besar dari pada yang disediakan maka perubahan perlu dilakukan perencanaan radio base station.

Untuk gambar 4.1 pencarian daerah kritis diasumsikan adalah sel-sel E, G, H, J, L, M dan O. Kemudian dilanjutkan mencari sel-sel yang dapat memakai frekuensi yang sama (sel-sel optimum) mulai dari sel E :

- Frekuensi E dapat dipakai kembali oleh N, P, Q, R dan S. Misal dipilih N karena jumlah frekuensi yang dipakai hampir sama dengan E. Frekuensi N dapat dipakai kembali oleh B, E, H, M dan R. Di sini R adalah sekutu untuk E dan N maka akan didapat kelompok frekuensi group 1



dengan anggota E, N dan R.

- Frekuensi G dapat dipakai kembali oleh F, K, P, R dan S.  
Misal dipilih K, frekuensi K dapat dipakai oleh A, B, G, L, Q dan S. S adalah sekutu untuk G dan K maka terbentuk group 2 dengan anggota G, K dan S.
- Kemudian untuk frekuensi H didapat :  

$$H \rightarrow D, I, N, Q, S$$

$$D \rightarrow C, H, M, O, Q$$
 sehingga terbentuk group 3 : H, D dan Q.
- Untuk frekuensi M didapat :  

$$M \rightarrow A, B, D, I, N$$

$$A \rightarrow I, K, L, M$$
 menjadi group 4 : M, A dan I.
- Frekuensi O didapat :  

$$O \rightarrow A, B, C, D, f$$

$$B \rightarrow F, K, M, N, O$$
 sehingga menjadi group 5 : O, B dan F.
- Untuk frekuensi L :  

$$L \rightarrow A, C, F, K, P$$

$$C \rightarrow D, i, L, O, P, R$$
 terbentuk group 6 : L, C dan P.
- Untuk frekuensi J didapat hanya J saja sehingga group 7 merupakan frekuensi J.

Prosedur perencanaan frekuensi di atas menghasilkan 7 kelompok frekuensi kanal yang diperlukan untuk melayani daerah pelayanan pada gambar 4.1. Bila dimisalkan secara

kasar tiap sel memerlukan 10 kanal maka kanal yang harus disediakan total berjumlah 190 frekuensi kanal. Tetapi karena telah dibentuk kelompok kanal maka jumlah frekuensi yang diperlukan hanya 70 frekuensi kanal. Dengan cara tersebut dapat dihemat pemakaian frekuensi.

#### IV.3 PERENCANAAN PERANGKAT LUNAK ALOKASI FREKUENSI

Berdasarkan metoda perencanaan frekuensi pada sub bab di atas dapat direncanakan dan dibuat perangkat lunak perencanaan alokasi frekuensi tersebut. Metoda di atas didasarkan pada keadaan sistem seluler yang ideal dan beraturan seperti yang dimodelkan, tetapi agar perangkat lunak ada relevansinya dengan keadaan sistem seluler yang nyata yang memiliki parameter yang tidak sama dari sel-sel yang ada, maka perencanaan akan mengalami penyesuaian.

##### IV.3.1 Asumsi Perencanaan

Perencanaan perangkat lunak didasarkan pada asumsi bahwa parameter radio base station tersedia dan faktor topografi dianggap ideal. Pemilihan radio base station kritis didasarkan pertimbangan trafik yang tinggi dan pengembangan wilayah.

Bila terdapat stasiun dasar yang tidak dapat dikelompokkan dengan stasiun dasar kritis maka stasiun dasar tersebut dijadikan stasiun dasar kritis baru dan proses perencanaan dilakukan kembali.

Penetapan kelompok penggunaan kanal frekuensi yang sama tidak dilakukan melalui perangkat lunak mengingat variasi pemakaian kanal pada radio base station yang ada cukup besar.

#### IV.3.2 Masukan Perangkat Lunak

Masukan yang diperlukan pada perencanaan adalah data-data radio base station yang ada dalam daerah pelayanan sistem. Data mengenai base station ini meliputi posisi, tinggi antena, rugi-rugi, penguatan antena, radius cakupan yang direncanakan, jenis daerah yang akan dilayani dan jumlah prediksi pelanggan. Data-data base station ini merupakan data dasar bagi perencanaan frekuensi.

Masukan yang lain adalah data base station kritis yang akan menjadi tujuan pengelompokan penggunaan frekuensi sama. Radio base ini dipilih yang memiliki trafik tinggi dan pengembangan masa mendatang yang potensial.

Interferensi direncanakan memenuhi harga C/I minimum 20 dB dari harga cakupan base station. Harga ini menentukan radius interferensi dan menentukan perencanaan frekuensi.

#### IV.3.3 Keluaran Perangkat Lunak

Keluaran dari perangkat lunak adalah data lengkap mengenai base station yang meliputi trafik, kanal, radius

interferensi, base statio yang optimum bagi penerapan penggunaan frekuensi yang sama dan kelompok pemakaian frekuensi yang terjadi pada daerah pelayanan sistem seluler. Kelompok ini menjadi dasar dalam penetapan nomor kanal selanjutnya. Disamping itu harga rasio C/I dari suatu base station terhadap base lain dalam kelompoknya.

Keluaran berlaku untuk sistem omnidirectional dan untuk base station yang menerapkan sel sektor atau directional keluaran masih dapat dipergunakan untuk menentukan perencanaan frekuensi kanal.

#### IV.3.4 Diagram Alir

Gambar 4.3 menunjukkan diagram aliran prosedur perencanaan frekuensi. Proses penting meliputi membentuk matrik interferensi dengan pencarian stasiun dasar yang dapat diterapkan pengulangan frekuensi, pemeriksaan terhadap kelompok frekuensi yang sudah ada, pemeriksaan jarak interferensi dan jarak antara 2 stasiun dasar.

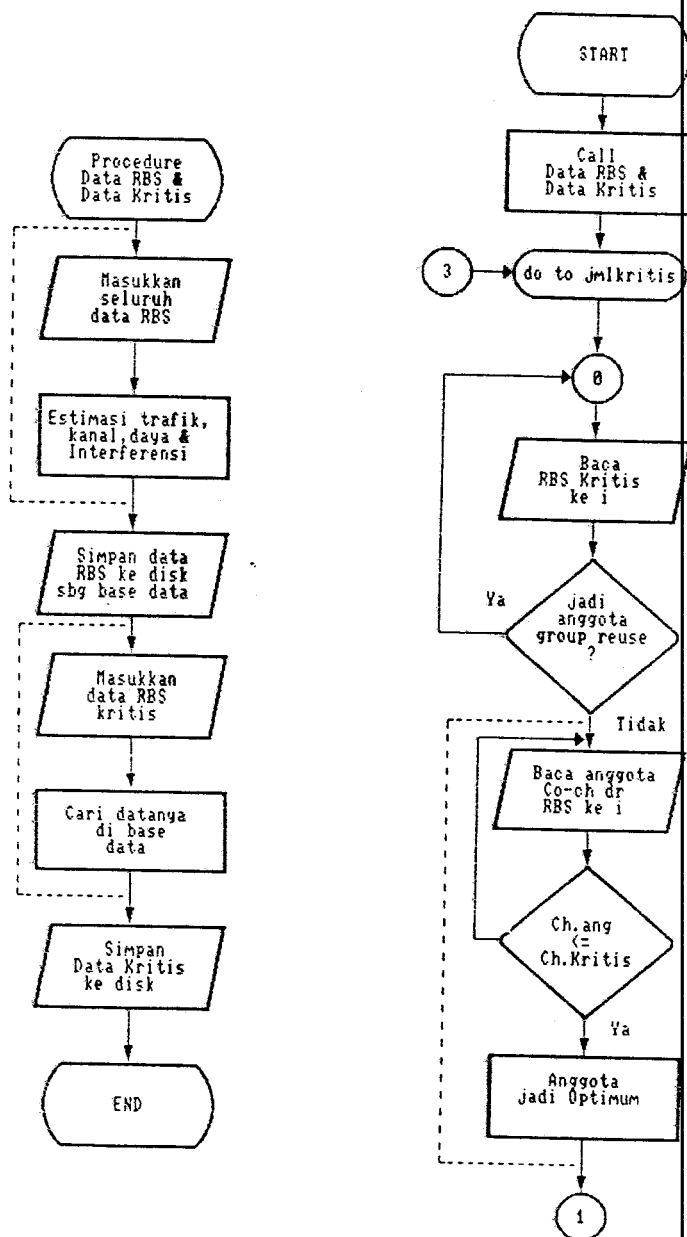
Urutan dari data masukan tentang base station kritis dapat menghasilkan keluaran yang berbeda, karena prosedur pencarian merupakan kombinasi dari faktor jangkauan interferensi dan kebutuhan kanal yang terdekat.

Dengan urutan stasiun kritis yang berbeda akan memberikan alternatif perencanaan frekuensi yang berbeda sehingga dapat dipilih hasil perencanaan yang optimum.

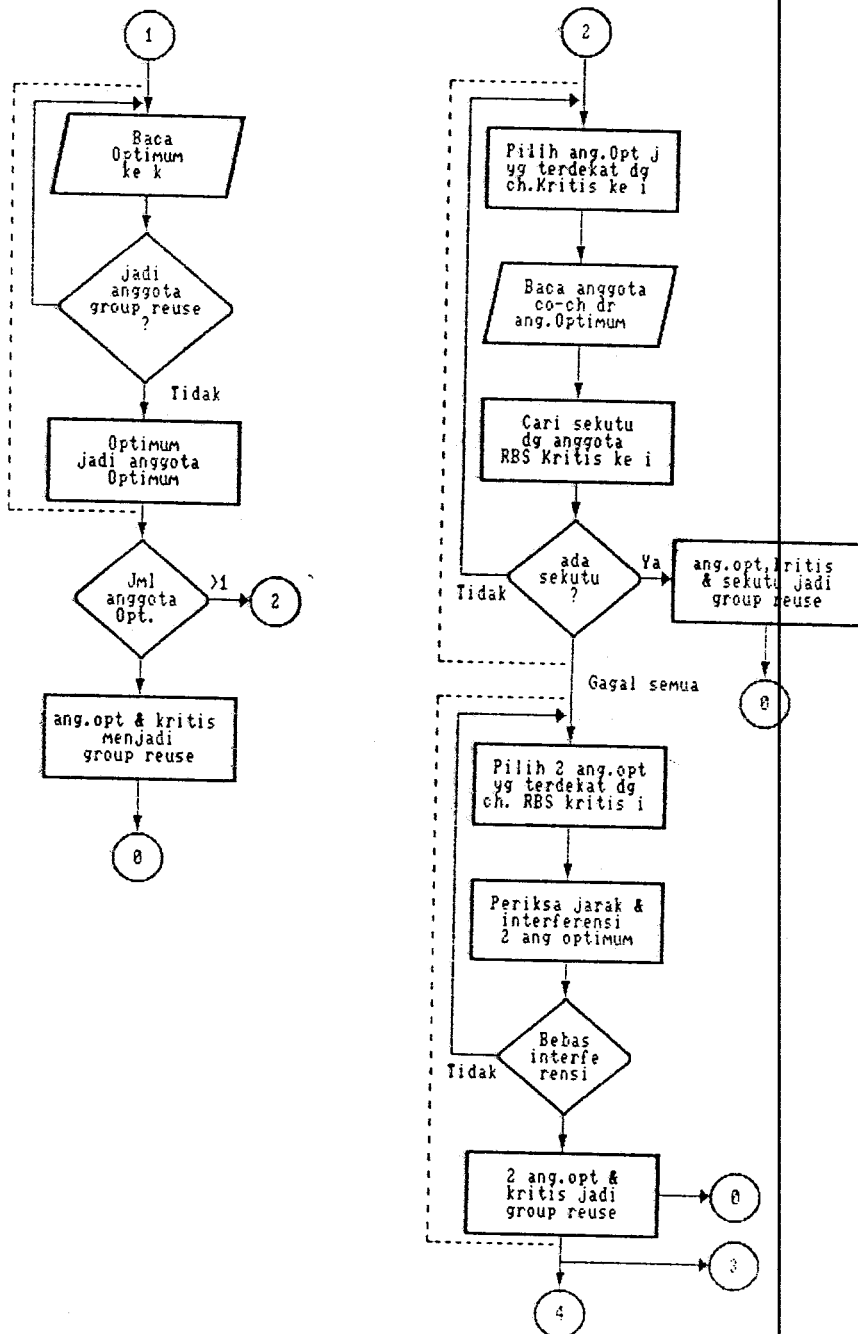
Pada diagram alir terdapat iterasi dan karena



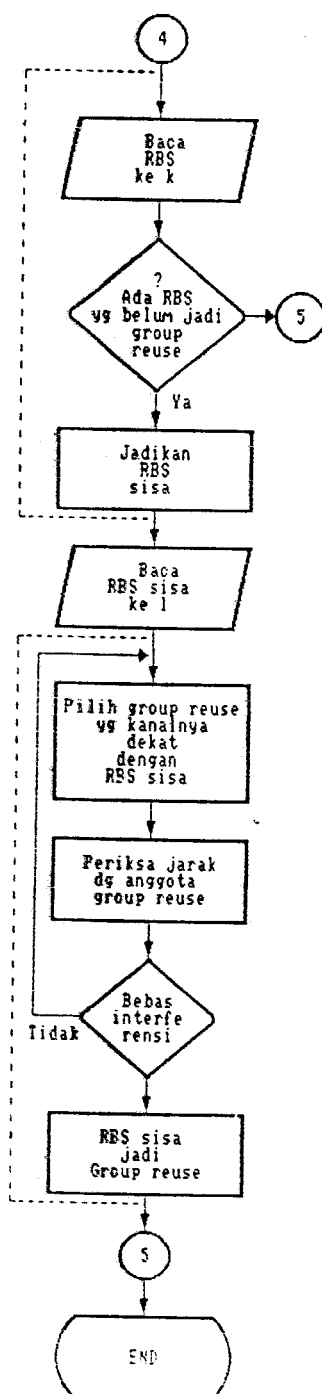
pengolahan datanya mengacu pada data seluruh RBS sebagai basis data maka proses akan relatif memerlukan waktu.



GAMBAR 4.3 DIAGRAM ALIR PERANGKAT LUNAK



GAMBAR 4.3 LANJUTAN



GAMBAR 4.3 LANJUTAN

## STUDI KASUS : STKB UNTUK DAERAH JAWA TIMUR

## V.1 PENDAHULUAN

Sistem telepon bergerak STKB memiliki kelebihan dalam segi pengaksesan panggilan karena hubungan telepon dapat dibangun dari mana saja dan kapan saja serta hubungan dapat langsung menuju pelanggan yang terpanggil. Sistem ini akan menjadi salah satu jasa pelayanan telekomunikasi yang paling digemari.

Implementasi sistem ini di Indonesia terbatas di kota-kota besar saja (tingkat ibukota propinsi), hal ini wajar karena investasi sistem ini cukup besar. Tetapi tidak mustahil sistem ini akan berada pada tingkat kota kabupaten/kotamadya di masa mendatang. Pada bab ini akan dibahas suatu kasus di mana STKB akan dikembangkan di seluruh daerah Jawa Timur. Pada pembahasan kasus ini pengembangan berdasarkan pada pengembangan wilayah Jawa Timur di masa mendatang khususnya sampai REPELITA VIII (tahun 2008).

## V.1.1 Kondisi Umum Dan Pengembangan Wilayah Jawa Timur

Propinsi Jawa Timur terletak pada  $110^{\circ}54'$  BT sampai  $115^{\circ}57'$  BT dan  $5^{\circ}37'$  LS sampai  $8^{\circ}48'$  LS, dengan luas keseluruhan  $157.922 \text{ km}^2$  terdiri atas :

- luas daratan                      47.922 km<sup>2</sup>
- luas lautan                      110.000 km<sup>2</sup>.

Berdasarkan karakteristik fisik secara umum Jawa Timur terbagi atas 4 karakteristik wilayah yaitu:

- a. Wilayah I, mencakup dataran tinggi bagian tengah yang merupakan wilayah subur dan berkembang.
- b. Wilayah II, mencakup dataran rendah bagian utara merupakan wilayah dengan kesuburan sedang dan tingkat perkembangan sedang.
- c. Wilayah III, mencakup wilayah pegunungan kapur selatan merupakan wilayah tandus, tidak subur dan belum begitu berkembang.
- d. Wilayah IV, mencakup wilayah kepulauan masih merupakan wilayah yang kemudahan hubungannya kurang dan belum berkembang.

Sesuai dengan Rencana Tata Ruang Jawa Timur Tahun 2000, daerah Jawa Timur dibagi dalam beberapa satuan wilayah pengembangan (SWP) seperti ditunjukkan pada gambar

5.1. Satuan wilayah pengembangan tersebut yaitu :

1. SWP GERBANGKERTOSUSILA dengan pusat pengembangan di Kotamadya Surabaya diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, pendidikan, kesehatan dan lingkungan hidup.
2. SWP MADURA dan kepulauan dengan pusat pengembangannya di kota Sumenep diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan,

dan lingkungan hidup.

3. SWP BANYUWANGI dengan pusat pengembangan di kota Banyuwangi diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, perdagangan dan pariwisata.
4. SWP JEMBER dan Sekitarnya dengan pusat pengembangan di kota Jember diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, pertambangan dan pendidikan.
5. SWP PROBOLINGGO-LUMAJANG dengan pusat pengembangan di Kotamadya Probolinggo diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata dan perdagangan.
6. SWP MALANG-PASURUAN dengan pusat pengembangan di Kotamadya Malang diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, pendidikan, kesehatan, pertambangan dan lingkungan hidup.
7. SWP KEDIRI dan Sekitarnya dengan pusat pengembangan di Kotamadya Kediri diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, pendidikan, pertambangan dan lingkungan hidup.
8. SWP MADIUN dan sekitarnya dengan pusat pengembangan di Kotamadya Madiun diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, dan lingkungan hidup.
9. SWP TUBAN-BOJONEGORO dengan pusat pengembangan di kota

Tuban diarahkan pada kegiatan pertanian, industri, perhubungan, pariwisata, perdagangan, pertambangan dan lingkungan hidup.

Secara umum kemampuan perekonomian Jawa Timur di masa mendatang memiliki potensi yang besar dan pengembangannya menuju ke arah sektor industri dan sektor jasa. Sebagian besar produk industri untuk kegiatan ekspor. Lokasi industri mesin dan logam dasar berada di SWP GERBANGKERTOSUSILA sampai ke arah Pandaan, sedangkan industri lainnya tersebar di wilayah lainnya.

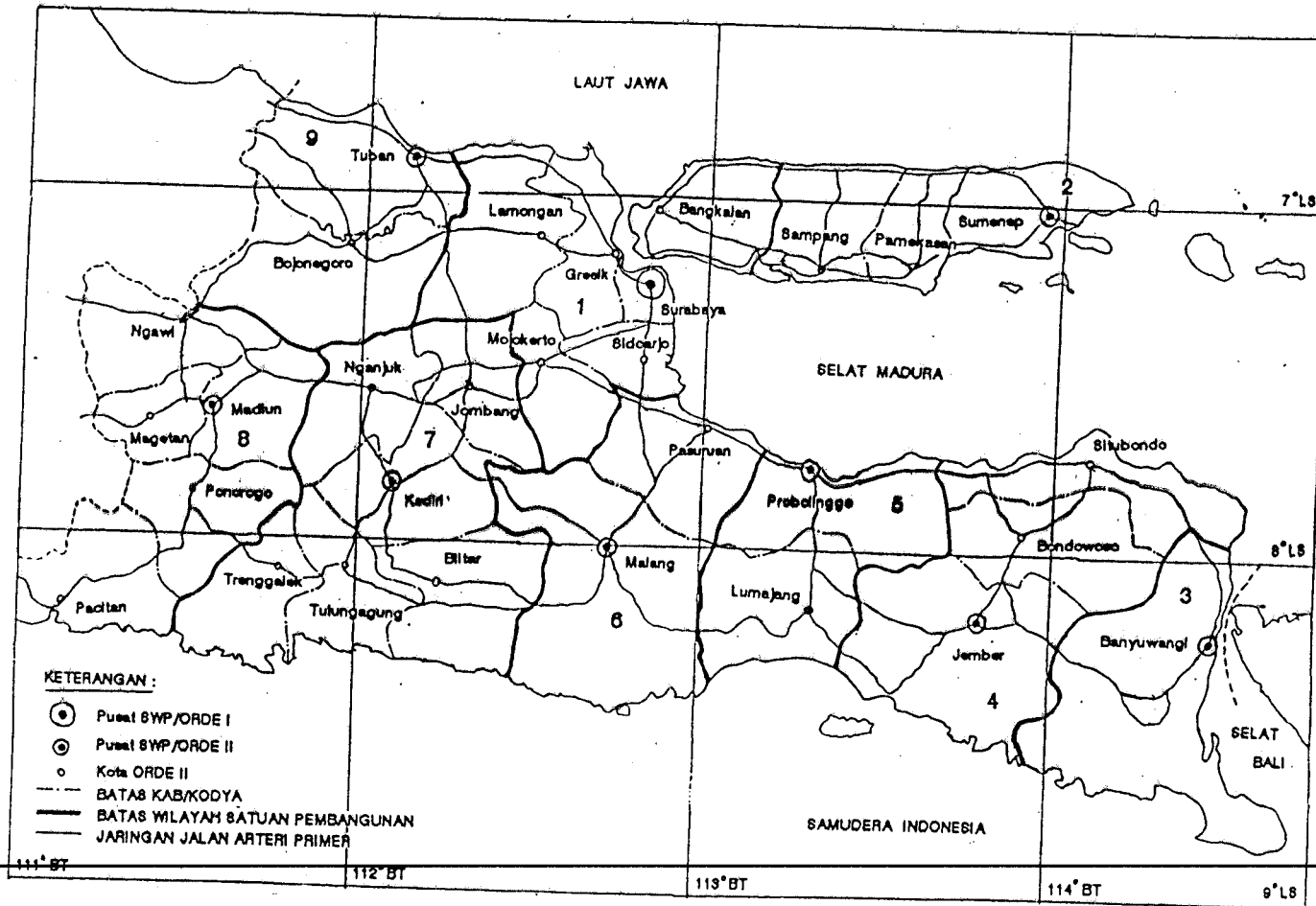
Dilihat dari volume arus lalu lintas dan jenis kendaraan yang ada, maka jalan utama regional di Jawa Timur meliputi :

- ruas Surabaya-Malang
- ruas Surabaya-Mojokerto-Madiun-Ngawi
- ruas Surabaya-Probolinggo-Banyuwangi
- ruas Probolinggo-Jember-Banyuwangi
- ruas Malang-Blitar-Kediri
- ruas Surabaya-Babat-Tuban
- ruas Kamal-Bangkalan-Pamekasan-Sumenep.

Ruas jalan yang mempunyai kondisi kurang baik adalah :

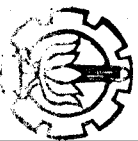
- Ponorogo-Pacitan, wilayah perbukitan/lembah curam
- Gresik-Tuban, daya dukung tanah kurang
- Malang (Dampit)-Lumajang, perbukitan/lembah curam.

Pola pergerakan transportasi antar wilayah di Jawa



GAMBAR 5.1<sup>36)</sup>

SATUAN WILAYAH PENGEMBANGAN DI JAWA TIMUR





Timur sangat ditentukan oleh peranan dan kedudukan kota besar dan sedang serta pola jaringan jalan. Arah pergerakan yang sangat besar terjadi dari/ke Barat-Timur sementara arah Utara-Selatan yang menonjol hanya pada ruas Surabaya-Malang dan Probolinggo-Lumajang.

Dengan alasan kondisi Jawa Timur sebagai propinsi dengan jumlah penduduk terbesar di Indonesia serta dengan potensi ekonomi di urutan ketiga di bawah DKI Jakarta dan Jawa Barat (khusus di Jawa), maka propinsi ini memerlukan dukungan pelayanan telekomunikasi yang cukup.

#### V.1.2 Rencana Pengembangan Telekomunikasi

Pusat-pusat permintaan jasa telekomunikasi di Jawa Timur (tahun 2008) dapat diklasifikasikan beberapa tingkat. Urutan pertama Surabaya dengan permintaan 600.000 sst disusul Malang dengan 150.000 sst kemudian beberapa kota kabupaten dan kotamadya tertentu.

Selain antisipasi terhadap daerah-daerah yang diperkirakan menjadi pusat-pusat permintaan jasa telekomunikasi juga pada sektor-sektor ekonomi yang tumbuh dengan cepat dan meminta jasa telekomunikasi yang besar. Jawa Timur diperkirakan akan semakin menarik bagi para investor industri manufaktur terutama tersebar di sepanjang jalur pantai Utara (Tuban-Gresik-Surabaya, Pasuruan, Probolinggo sampai Banyuwangi).

TABEL 5.1<sup>37)</sup>

## PRAKIRAAN PERMINTAAN DAN SUPPLY DI JAWA TIMUR

NO	KABUPATEN/KODYA	SUPPLY(1992)	DEMAND(2008)
1	Kodya Surabaya	168938	832607
2	Kab. Gresik	17275	88302
3	Kab. Sidoarjo	27673	150998
4	Kodya Mojokerto	6979	29815
5	Kab. Mojokerto	123	7622
6	Kab. Jombang	4511	24546
7	Kab. Bojonegoro	2205	10633
8	Kab. Lamongan	3116	16706
9	Kab. Tuban	1869	9759
10	Kodya Madiun	4600	23201
11	Kab. Madiun	702	4065
12	Kab. Ngawi	1259	6848
13	Kab. Magetan	3651	24783
14	Kab. Ponorogo	2257	12745
15	Kab. Pacitan	2252	16905
16	Kodya Kediri	7401	37569
17	Kab. Kediri	5323	29572
18	Kab. Nganjuk	2174	11223
19	Kodya Malang	34966	187418
20	Kab. Malang	7035	35836
21	Kodya Blitar	3111	18184
22	Kab. Blitar	2485	14580
23	Kab. Tulungagung	4134	22552
24	Kab. Trenggalek	1278	6845
25	Kodya Pasuruan	7551	41529
26	Kab. Pasuruan	12528	71251
27	Kodya Probolinggo	2865	14319
28	Kab. Probolinggo	1006	4994
29	Kab. Lumajang	2831	13717
30	Kab. Jember	9986	51019
31	Kab. Bondowoso	2356	13496
32	Kab. Situbondo	5923	29231
33	Kab. Banyuwangi	9634	51484
34	Kab. Bangkalan	4079	26171
35	Kab. Sampang	2579	18196
36	Kab. Pamekasan	5853	35249
37	Kab. Sumenep	2896	15078
TOTAL		385000	2009000

37) JICA, DRAFT FINAL REPORT (DATA BOOK), THE STUDY ON TELECOMMUNICATION NETWORK DEVELOPMENT PLAN FOR REPELITA VI, NTC Co. Ltd, Nov. 1992, Tokyo, hal. B4-12

### V.1.3 STKB Existing Di Jawa Timur

Sistem telepon kendaraan bergerak seluler yang beroperasi di Jawa Timur adalah STKB Nasional Surabaya Area yang mulai beroperasi tahun 1991 menggantikan sistem STKB sebelumnya.

STKB Nasional ini hanya melayani daerah Surabaya dan Malang serta sepanjang jalan utama penghubungnya. Kapasitas STKB ini adalah 6000 sst dan sudah terealisasi 3.046 sst (akhir tahun 1992)<sup>38)</sup>. Sejak Pebruari 1993 STKB ini dapat melakukan 'roaming' dengan STKB Nasional Jakarta Area. Konfigurasi jaringannya seperti pada gambar 5.2.

Spesifikasi dasar sistem STKB N Surabaya Area ini adalah sebagai berikut :

1. Daerah Pelayanan : Surabaya dan Malang
2. Konfigurasi Jaringan

EMX : Kebalen

RBS :

Kebalen	68 kanal	1 sel
Rungkut	78 kanal	6 sel
Sidoarjo	48 kanal	1 sel
Gn. Gebug	32 kanal	1 sel
Malang	58 kanal	1 sel
-----		
Total	284 kanal	10 sel

Radius per sel : 5 s/d 20 km

---

<sup>38)</sup> KOREKSI ALAT PRODUKSI, Witel VII Tahun 1992

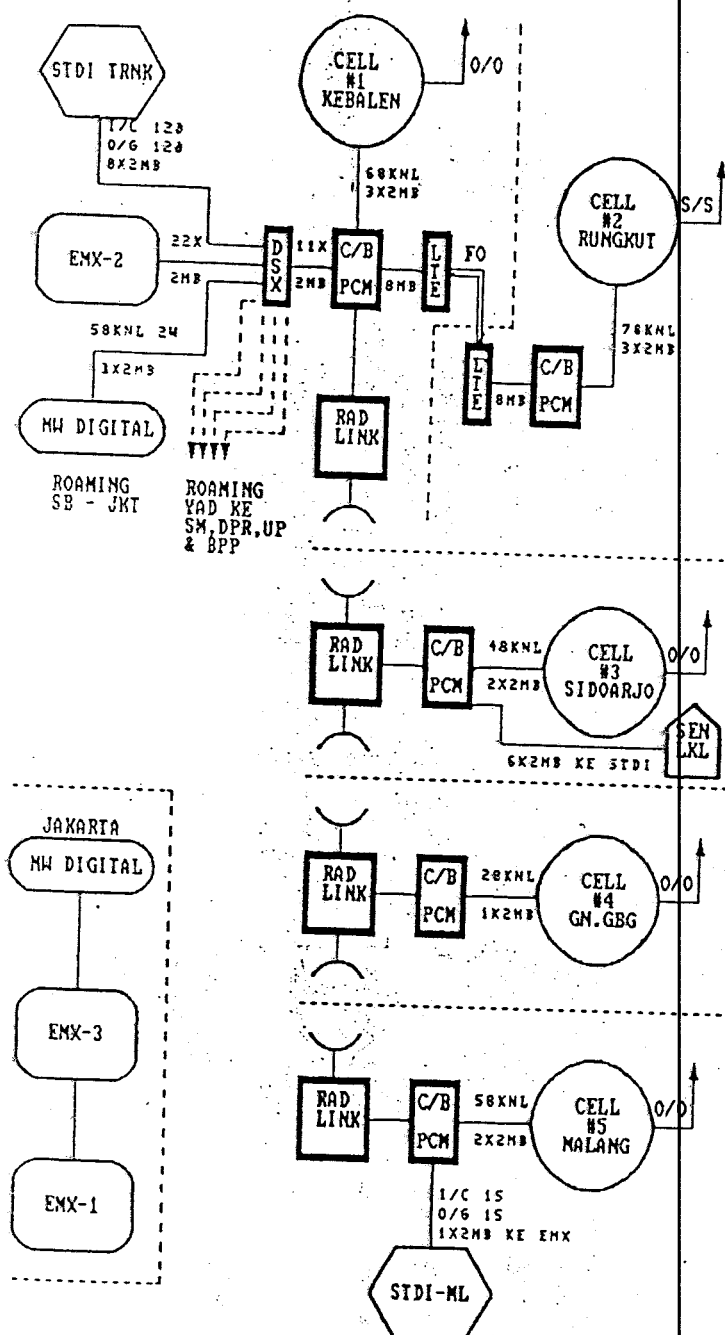
3. Kapasitas : 6000 sst
4. Numbering : 082-31xxxxx untuk pelanggan Surabaya  
082-341xxxx untuk pelanggan Malang
5. Charging : 15 detik per pulsa  
roaming (tarip SLJJ)
6. Frekuensi Kerja ( AMPS B-Band )  
Rx : 835.02 - 844.98 MHz  
Tx : 880.02 - 889.98 MHz
7. Daya Pancar  
RBS : 100 Watt  
Subscriber station : 0.5 - 3 Watt
8. Supplier : Motorola

Karena jumlah pelanggan dan kapasitas STKB yang relatif kecil ini, perlu dikembangkan untuk mengantisipasi perkembangan daerah Jawa Timur, sehingga berkembang menuju STKB Jawa Timur Area.

## V.2 PRAKIRAAN JUMLAH PELANGGAN STKB

Dalam prakiraan jumlah pelanggan untuk STKB pada masa mendatang diperlukan data-data pelanggan STKB sebelumnya. Kemudian dengan model regresi dapat diprakirakan jumlah pelanggan pada waktu tertentu. Metode ini cukup 'valid' untuk STKB yang sudah cukup lama beroperasi karena data-data yang diperlukan untuk prakiraan tersedia.

Karena pelayanan STKB di Indonesia masih berada



GAMBAR 5.2

STKB NASIONAL SURABAYA AREA

pada tahap pengenalan maka prakiraan permintaan untuk pelayanan tersebut tidak cukup tersedia sehingga metode prakiraan di atas tidak dapat digunakan.

Untuk pengestimasian permintaan akan pelayanan STKB, JICA (*Japan International Cooperation Agency*) menggunakan model regresi yang dikaitkan dengan jumlah satuan sambungan telepon (*main line*) dan jumlah telepon mobil STKB sebagai parameteranya.

Prediksi tersebut merupakan model regresi seperti ditunjukkan oleh persamaan (5-1) :<sup>39)</sup>

$$\text{Log}(\text{MTt}/\text{POPt} \times 1000) = -1.834 + 1.837 \times \text{Log}(\text{MLt}/\text{POPt} \times 100)$$

(5-1)

di mana :

MTt : jumlah telepon mobil pada saat t

POPt : jumlah penduduk pada saat t

MLt : jumlah satuan sambungan telepon pada saat t

Persamaan (5-1) akan dipakai untuk memprakirakan jumlah pelanggan STKB di Jawa Timur pada tahun 2008 dengan memanfaatkan data-data sebagai berikut :

1. Data hasil prakiraan tentang jumlah satuan sambungan telepon untuk WITEL VII Jawa Timur tahun 2008.
2. Data tentang jumlah penduduk Jawa Timur tahun 1983-1986

---

<sup>39)</sup> JICA, THE STUDY ON TELECOMMUNICATION NETWORK DEVELOPMENT PLAN FOR REPELITA VI, NTC Co. Ltd, Nov. 1992, Tokyo, hal. C2-15

yang digunakan untuk memprakirakan jumlah penduduk Jawa Timur tahun 2008.

Hasil prakiraan jumlah pelanggan STKB tahun 2008 secara lengkap ditunjukkan pada tabel 5.3. Daerah dengan jumlah pelanggan STKB terbesar berada di Surabaya, Malang, Gresik, Sidoarjo dan Pasuruan.

### V.3 PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI DENGAN PERANGKAT LUNAK

Setelah melakukan prediksi pelanggan dan pembahasan mengenai daerah-daerah yang akan dicakup oleh sistem seluler, penentuan stasiun dasar dapat dilakukan dan perencanaan frekuensi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak. Perencanaan ini akan menghasilkan kelompok stasiun dasar yang menggunakan kelompok frekuensi yang sama. Kemudian dilanjutkan dengan penetapan kanal pada stasiun-stasiun dasar tersebut.

#### V.3.1 Penentuan Radio Base Station Dan Daerah Cakupan

Berdasarkan hasil prakiraan jumlah pelanggan sampai tahun 2008 diperoleh 45 radio base station untuk mencakup daerah Jawa Timur seperti ditunjukkan pada tabel 5.4.

Penentuan suatu RBS untuk daerah tertentu, bila dilihat dari kecilnya jumlah kanal yang diperlukan sehingga kurang potensial untuk dijadikan RBS tetapi mempunyai tujuan untuk mendukung kontinuitas hand off sistem di antara RBS yang bertrafik tinggi. Hal ini dapat

TABEL 5.2

PRAKIRAAN JUMLAH PELANGGAN STKB DI JAWA TIMUR TH.2008

NO	KABUPATEN/KODYA	KECAMATAN	TH. 2008		STKB
			SST	PENDUDUK	
1	KODYA SURABAYA	Simokerto	86591	140007	3925
		Pabean Cantian	64943	117770	2674
		Semampir	10822	195434	65
		Kenjeran	45791	88001	1796
		Genteng	77432	888055	681
		Bubutan	107405	136449	5957
		Sukolilo	82426	127196	3885
		Tandes	73267	205432	2095
		Wonocolo	21646	143918	300
		Karangpilang	15005	141244	156
		Benowo	40797	39435	2844
		Lakarsantri	4994	66899	39
		Rungkut	169849	125305	4847
		Tegalsari	31639	153200	573
					39837
2	KAB. GRESIK	Gresik	19170	92194	349
		Manyar	64601	70629	4063
		Diyorejo	2841	59453	15
					4427
3	KAB. SIDOARJO	Gedangan	13111	71492	215
		Waru	38123	117767	1005
		Taman	21794	126490	339
		Sidoarjo	29298	115735	629
		Porong	30492	70592	1023
		Krian	16749	81828	301
4	KODYA MOJOKERTO				3512
		Magelang	29815	69619	994
5	KAB. MOJOKERTO	Mojopari	3409	72105	18
		Ngoro	3261	69654	17
					35
6	KAB. JOMBANG	Jombang	15971	131610	185
		Mojopung	5906	76446	47
					232
7	KAB. BOJONEGORO	Bojonegoro	7100	120177	45
		Sumberrejo	2319	79158	8
					53
8	KAB. LAMONGAN	Lamongan	5809	66221	51
		Babat	5158	91596	31
		Brondong	4020	64287	27
					109
9	KAB. TUBAN	Tuban	8077	87715	74
10	KAB. MADIUN	Madiun	23201	48078	854
		Saradan	3043	75539	14
					868



Tabel 5.2

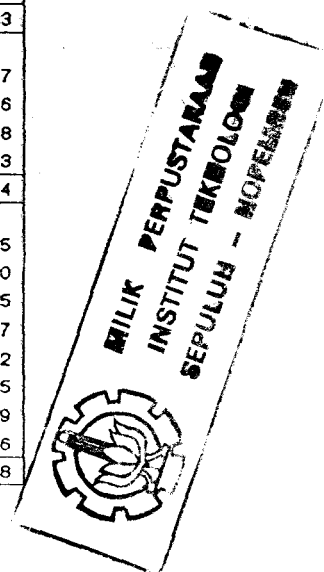
## LANJUTAN

NO	KABUPATEN/KODYA	KECAMATAN	TH. 2008		
			SST	PENDUDUK	STKB
11	KAB. NGAWI	Ngawi	5314	92400	33
12	KAB. MAGETAN	Panekan	16410	73453	317
		Plaasan	1811	76898	5
		Maespati	4294	62143	31
					353
13	KAB. PONOROGO	Ponorogo	11190	92110	130
14	KAB. PACITAN	Pacitan	15856	74401	295
15	KODYA KEDIRI	Kediri	37569	113727	1007
16	KAB. KEDIRI	Pare	19254	172003	209
		Ngadiluwih	2241	77266	8
		Wates	2225	96738	6
		Kandangan	2123	53511	10
		Papar	2572	58927	13
					246
17	KAB. NGANJUK	Nganjuk	5215	75931	38
		Kertosono	3993	66545	26
					64
18	KODYA MALANG	Sukun	83914	176138	3057
		Klojen	44462	183963	918
		Elimbing	33918	182118	563
		Kedungkandang	19754	138725	262
		Lowok Waru	5139	154587	20
					4820
19	KAB. MALANG	Lawang	5486	95801	34
		Batu	11973	154394	95
		Singosari	2357	139465	5
		Tumpang	2779	84293	11
		Sumber Pucung	2147	113873	5
		Bululawang	2930	68359	14
		Kepanjen	1550	102029	3
		Dampit	2510	141701	6
					74
20	KODYA BLITAR	Sukorejo	18186	49884	530
21	KAB. BLITAR	Nglesok	2981	81753	13
		Sutojayan	1442	86479	3
		Srengat	3874	94856	18
		Wlingi	3874	109695	16
		Kesamben	1649	113635	3
					53
22	KAB. TULUNGAGUNG	Tulungagung	17088	83225	308
		Campur Darat	2747	57684	15
		Ngunut	1862	87081	5
					328

TABEL 5.2

LANJUTAN

NO	KABUPATEN/KODYA	KECAMATAN	TH. 2008		STKB
			SST	PENDUDUK	
23	KAB. TRENGGALEK	Trenggalek	6051	75773	49
24	KODYA PASURUAN	Bugul Kidul	11529	50440	227
25	KAB. PASURUAN	Puspo	2578	28157	24
		Tosari	2578	20267	31
		Rejoso	3317	39995	28
		Bangil	21506	81479	478
		Beji	3552	65372	21
		Gempol	8669	96975	78
		Pandaan	13326	85592	190
		Purwosari	3804	73033	22
		Prigen	11154	78377	146
					1019
26	KODYA PROBOLINGGO	Kademangan	14319	48950	347
27	KAB. PROBOLINGGO	Kraksaan	2957	62094	16
28	KAB. LUMAJANG	Lumajang	8333	133503	55
		Jatiroto	1251	94623	2
		Klakah	2478	95765	8
					65
29	KAB. JEMBER	Patrang	31972	109227	775
		Silo	1394	110535	2
		Rambipuji	1028	90837	2
		Puger	2182	124976	5
		Tanggul	2731	151918	6
		Balung	2666	91067	9
		Kencong	1550	144938	2
		Ambulu	3102	12477	66
		Kalisat	2852	81749	12
					879
30	KAB. BONDOWOSO	Bondowoso	12947	84262	183
31	KAB. SITUBONDO	Situbondo	22394	56713	697
		Panarukan	2833	57250	16
		Beauki	2465	91609	8
		Asembagus	1063	57698	3
					724
32	KAB. BANYUWANGI	Banyuwangi	13877	129760	145
		Giri	4287	105821	20
		Rogojampi	5918	110502	35
		Genteng	4959	180375	17
		Glenmore	3030	90319	12
		Kalibaru	5557	69612	45
		Muncar	6121	149166	29
		Cluring	6874	86501	56
					358



Tabel 5.2

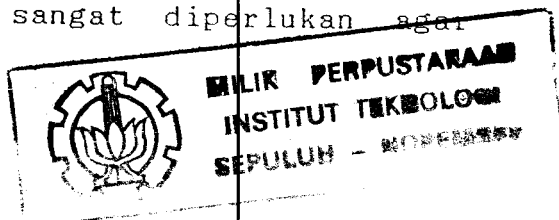
## LANJUTAN

NO	KABUPATEN/KODYA	KECAMATAN	TH. 2008		STKB
			SST	PENDUDUK	
33	KAB. BANGKALAN	Bangkalan	9667	64645	134
		Kamal	15527	43515	444
					578
34	KAB. SAMPANG	Sampang	17437	97656	279
35	KAB. PAMEKASAN	Pamekasan	34496	92941	1020
36	KAB. SUMENEP	Sumenep	9732	84348	108
		Kallangot	44079	109227	39
					147
TOTAL					63042

dilihat pada RBS Caruban, Kepanjen, Kesamben, Kertosono, Babat dan Trenggalek.

Penentuan RBS dan daerah cakupannya berdasarkan tercakupnya daerah Jawa Timur terutama kota-kota besar dan jalan utama penghubungnya. Disamping itu bertujuan agar daerah-daerah pengembangan yang ada saling terhubung dengan sistem seluler sehingga mendukung sektor komunikasi dan perhubungan, yang pada akhirnya menjadi infra struktur pembangunan propinsi Jawa Timur.

Gambar 5.3 menunjukkan perkiraan daerah cakupan sistem dengan radius cakupan RBS antara 3 sampai 20 km. Geografis Jawa Timur yang berpegunungan dapat mendukung perencanaan frekuensi. Untuk daerah yang beban trafiknya tinggi seperti Surabaya, Malang, Gresik, Sidoarjo dan sekitarnya pemakaian sel sektor sangat diperlukan agar



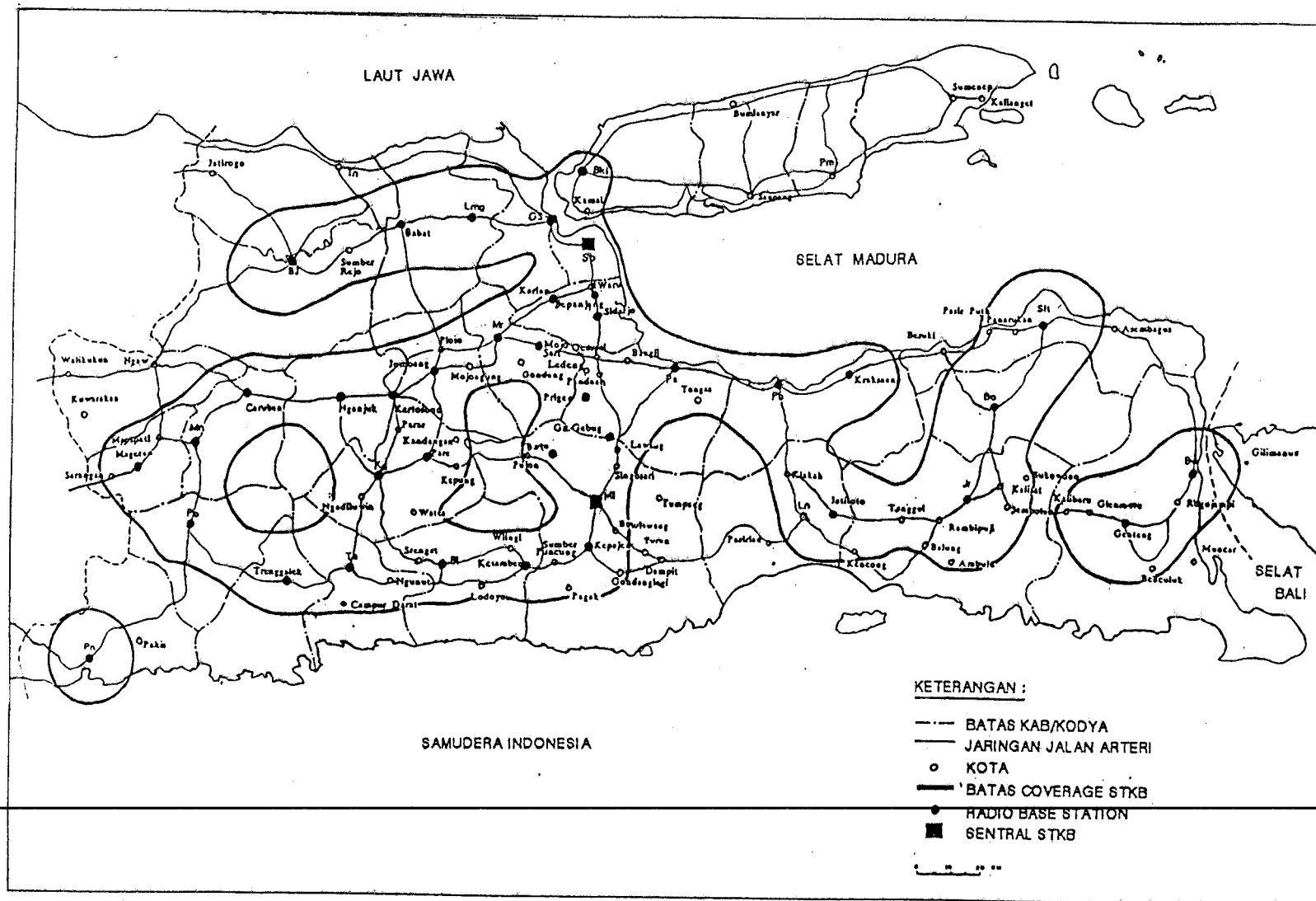
TABEL 5.3  
STASIUN DASAR UNTUK JAWA TIMUR AREA

(A) Sektor

NO	RBS	BUJUR	LINTANG	RADIUS	AREA	PELANGGAN	TRAFIK	KANAL
1	Perak (6)	112.7330	7.2016	5.00	Urban	5664	28.32	34.00
2	Kenjeran (6)	112.7733	7.2419	3.00	Urban	2796	13.98	19.00
3	Darmo (6)	112.7348	7.2622	3.00	Urban	7211	36.06	42.00
4	Manyar (6)	112.7867	7.2622	3.00	Urban	4365	23.43	29.00
5	Rungkut (6)	112.7778	7.3206	3.00	Urban	10000	50.00	55.00
6	Injoko (6)	112.7285	7.3116	3.00	Urban	4842	24.21	30.00
7	Tandes (6)	112.7061	7.2694	5.00	Urban	4939	24.70	30.00
8	Malang (6)	112.6299	7.9776	10.00	Sub urban	4820	20.09	26.00
9	Gresik (3)	112.6523	7.1523	10.00	Sub urban	4427	36.69	42.00
10	Sidoarjo (3)	112.7195	7.4525	13.00	Sub urban	1652	13.77	19.00

(B) Omni

NO	RBS	BUJUR	LINTANG	RADIUS	AREA	PELANGGAN	TRAFIK	KANAL
1	Gedangan	112.7265	7.3680	10.00	Sub urban	1559	36.98	45.00
2	Kediri	112.0269	7.8206	15.00	Sub urban	1007	25.18	31.00
3	Mojokerto	112.4310	7.4597	13.00	Rural	994	24.85	30.00
4	Madiun	111.5179	7.6306	15.00	Rural	654	21.35	27.00
5	Pasuruan	112.9059	7.6362	18.00	Sub urban	609	20.23	26.00
6	Jember	113.7065	8.1549	20.00	Sub urban	600	20.00	25.00
7	Situbondo	114.0135	7.7124	20.00	Sub urban	713	17.83	23.00
8	Bangkalan	112.7509	7.0269	10.00	Sub urban	578	14.45	19.00
9	Blitar	112.1613	8.0306	15.00	Sub urban	564	14.10	19.00
10	Prigen	112.6165	7.0071	13.00	Sub urban	436	10.95	16.00
11	Tulungagung	111.9014	8.0538	15.00	Sub urban	328	8.20	14.00
12	Probolinggo	113.2150	7.7536	20.00	Rural	347	8.66	13.00
13	Magelan	111.3342	7.0566	13.00	Sub urban	353	8.83	13.00
14	Krian	112.5762	7.4059	10.00	Rural	301	7.53	12.00
15	Pacitan	111.1121	8.1460	15.00	Rural	295	7.38	12.00
16	Jombang	112.2556	7.5354	13.00	Sub urban	232	5.80	10.00
17	Pare	112.1909	7.7670	15.00	Sub urban	245	6.13	10.00
18	Banyuwangi	114.3835	8.2106	15.00	Sub urban	200	5.00	9.00
19	Genteng	114.1568	8.3656	20.00	Sub urban	158	3.95	8.00
20	Bondowoso	113.8235	7.9149	20.00	Rural	183	4.58	8.00
21	Ponorogo	111.4686	7.6701	15.00	Rural	130	3.25	7.00
22	Batu	112.5269	7.8746	10.00	Sub urban	95	2.38	6.00
23	Jatiroto	113.3587	8.1106	20.00	Sub urban	73	1.83	5.00
24	Bojonegoro	111.8969	7.1327	20.00	Sub urban	53	1.33	4.00
25	Lamongan	112.6924	7.1018	20.00	Rural	51	1.28	4.00
26	Nganjuk	111.9103	7.5796	15.00	Rural	38	0.95	4.00
27	Gn Gebug	112.6568	7.8116	13.00	Sub urban	39	0.98	4.00
28	Trenggalek	111.7175	8.0066	15.00	Rural	49	1.23	4.00
29	Mojosari	112.5582	7.5215	10.00	Sub urban	35	0.88	3.00
30	Babat	112.1839	7.0073	15.00	Rural	31	0.78	3.00
31	Kertosono	112.1121	7.5619	13.00	Rural	26	0.65	3.00
32	Kepanjen	112.1256	8.1062	15.00	Sub urban	28	0.70	3.00
33	Kesamben	112.3432	8.1434	10.00	Sub urban	19	0.48	3.00
34	Kraksaan	113.4194	7.7625	15.00	Rural	16	0.40	3.00
35	Caruban	111.6523	7.5446	13.00	Rural	14	0.35	2.00



GAMBAR 5.3  
PRAKIRAAN DAERAH CAKUPAN SISTEM SELULER

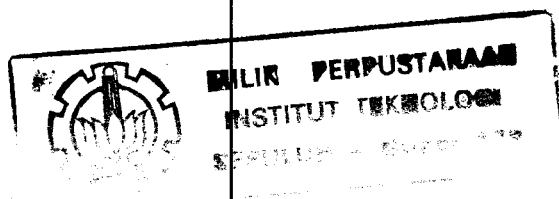
dapat melayani daerah cakupannya dengan ketersediaan kanal yang terbatas. Bersama dengan daerah Pasuruan, Mojokerto, Bangkalan dan Prigen akan mencakup sentra industri dan ekonomi Jawa Timur.

Untuk daerah bagian Timur tercakup oleh RBS Jember, Situbondo, Probolinggo dan didukung oleh Banyuwangi, Genteng, Kraksaan dan Jatiroto. Pada daerah ini karena faktor terrain pemakaian repeater dimungkinkan untuk memperluas daerah cakupan.

Sedang untuk daerah Selatan dan Barat penentuan daerah cakupan berpusat di Blitar, Kediri, Madiun dan Tulungagung. Radio base station lain pendukungnya adalah Magetan, Pare, Jombang, Ponorogo dan Pacitan. Pada daerah antara Pacitan dan Ponorogo serta antara Ponorogo dan Trenggalek dimungkinkan juga memakai repeater.

Penentuan RBS tersebut juga tidak terlepas dari pertimbangan ketersediaan fasilitas yang sudah ada pada sentral-sentral telepon existing, seperti lahan untuk sentral, bangunan, tower, power supply serta saluran komunikasi backbone antar sentral telepon biasa yang ada di Jawa Timur. Fasilitas transmisi backbone yang sudah ada ini sangat penting untuk transmisi data dan suara antara RBS dengan sentral STKB.

Dari RBS yang terbentuk, penentuan radio base station daerah kritis dilakukan dengan asumsi pada daerah cakupannya memiliki potensi permintaan yang tinggi dan



pengembangan daerah di masa mendatang. Radio base station ini adalah seperti ditunjukkan tabel 5.5.

Radio base station untuk daerah Surabaya, Gresik, Malang dan Sidoarjo direncanakan omnidirectional, setelah perencanaan frekuensi didapat, perencanaan dilanjutkan secara sektoral.

### V.3.2 Hasil Perencanaan Perangkat Lunak

Dengan data-data parameter RBS STKB untuk Jawa Timur seperti pada lampiran A, perencanaan akan dilakukan. Hasil perencanaan adalah 19 kelompok frekuensi seperti pada tabel 5.6.

Dari hasil keluaran tersebut didapat bahwa dari 20 RBS daerah kritis dihasilkan 19 kelompok frekuensi. Hasil ini optimum karena tidak melebihi jumlah kelompok

TABEL 5.4  
STASIUN DASAR KRITIS

No.	NAMA RBS	No.	NAMA RBS
1	Jember	11	Malang
2	Situbondo	12	Gresik
3	Bangkalan	13	Sidoarjo
4	Perak Sby	14	Blitar
5	Kenjeran Sby	15	Prigen
6	Darmo Sby	16	Gedangan
7	Manyar Sby	17	Kediri
8	Rungkut Sby	18	Mojokerto
9	Injoko Sby	19	Madlun
10	Tandes Sby	20	Pasuruan

TABEL 5.5  
KELOMPOK FREKUENSI

NO	NAMA RBS	C/I (dB)	KELOMPOK
1	Mojosari	free	1
2	Lamongan	free	2
3	Probolinggo	31.773	3
4	Kertosono	39.256	3
5	Prigen	41.062	4
6	Trenggalek	38.945	4
7	Genteng	40.348	4
8	Situbondo	34.955	5
9	Gn. Gebug	40.739	5
10	Pacitan	42.415	5
11	Jember	32.525	6
12	Bangkalan	41.348	6
13	Kesamben	38.536	6
14	Caruban	34.531	6
15	Pasuruan	36.851	7
16	Banyuwangi	42.491	7
17	Ponorogo	41.062	7
18	Madun	36.183	8
19	Krian	43.227	8
20	Mojokerto	39.178	9
21	Magetan	39.178	9
22	Gedangan	38.840	10
23	Nganjuk	31.796	10
24	Sidoarjo	35.832	11
25	Tulungagung	34.850	11
26	Bondowoso	32.367	11
27	Kenjeran Sby	63.407	12
28	Jombang	28.129	12
29	Jatiroto	29.015	12
30	Gresik	40.485	13
31	Kediri	33.441	13
32	Manyar Sby	54.276	14
33	Babat	26.242	14
34	Kepanjen	32.610	14
35	Injoko Sby	54.112	15
36	Batu	33.197	15
37	Tandes Sby	47.823	16
38	Malang	35.782	16
39	Perak Sby	50.247	17
40	Blitar	34.441	17
41	Kraksaan	31.974	17
42	Darmo Sby	59.454	18
43	Bojonegoro	27.013	18
44	Rungkut Sby	57.454	19
45	Pare	29.495	19



kritis yang direncanakan. Hal ini disebabkan adanya RBS kritis yang bersama-sama membentuk kelompok frekuensi yaitu RBS Tandes dengan Malang, Perak dengan Blitar, Jember dengan Bangkalan, serta Gresik dengan Kediri. Disamping itu juga terjadi kelompok diluar RBS kritis yaitu Mojosari, Lamongan dan Probolinggo dengan Kertosono. Adanya kelompok ini karena tidak dapat dikelompokkan dengan RBS daerah kritis.

Harga rasio C/I menunjukkan harga yang aman untuk interferensi karena lebih besar dari 20 dB seperti yang direncanakan.

Karena terdapat 19 kelompok maka perlu disediakan 19 kelompok frekuensi yang berbeda dan penetapan kelompok kanalnya memenuhi aturan :

1. Tidak boleh ada kanal yang sama atau kanal yang berurutan pada RBS yang sama.
2. Tidak boleh ada kanal yang sama pada RBS yang bersebelahan.
3. Dihindari pemakaian kanal berurutan pada RBS yang bersebelahan.

#### V.4 PENETAPAN KELOMPOK KANAL

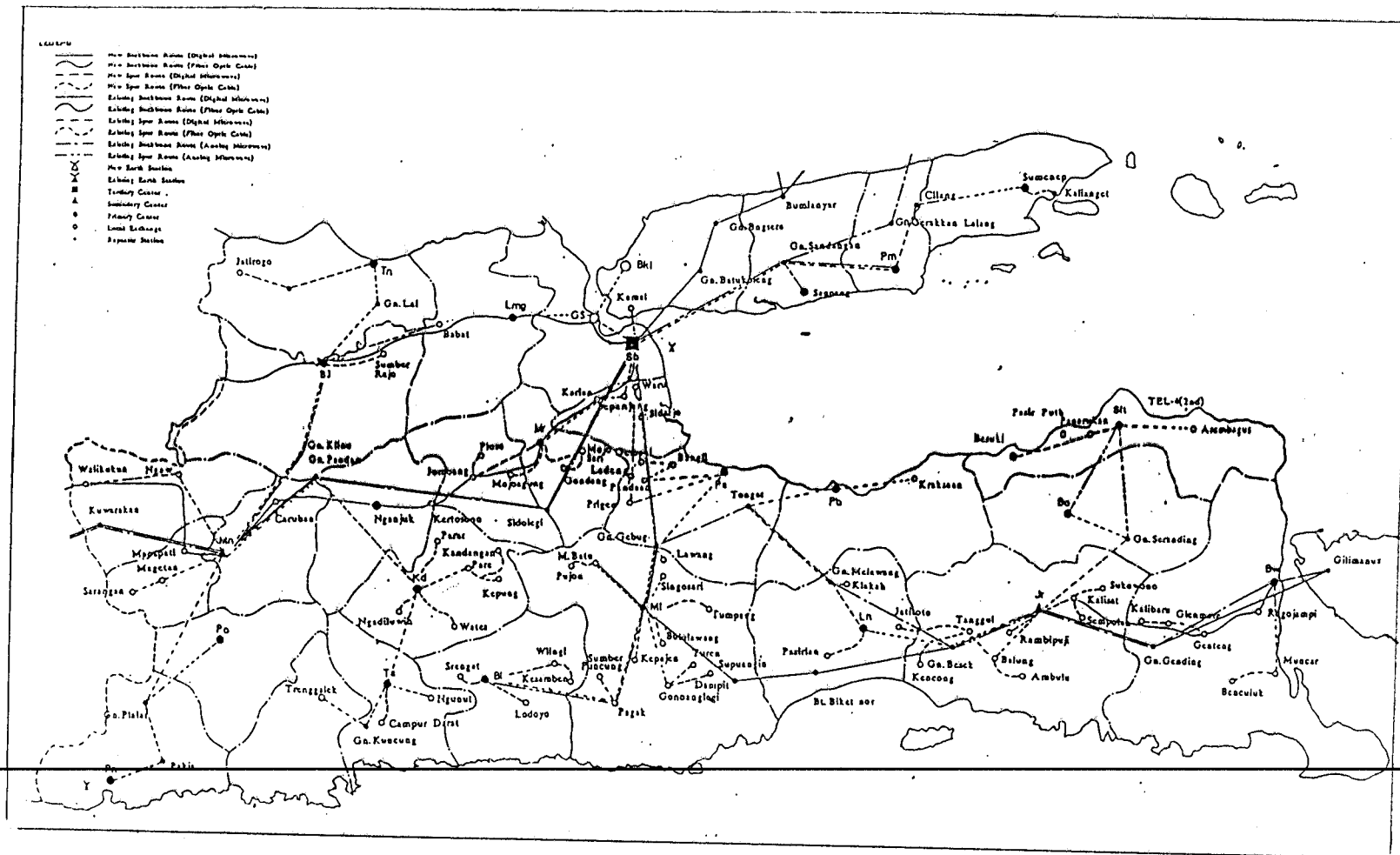
Penetapan kelompok kanal untuk masing-masing kelompok frekuensi berdasarkan aturan yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya. Pada kasus ini variasi kanal staasiun dasar relatif besar, maka jumlah kanal yang

diperlukan berpedoman pada kanal yang diperlukan oleh stasiun dasar kritis, kelebihan kanal untuk stasiun dasar lainnya merupakan cadangan untuk pengembangan kebutuhan kanal.

#### V.5 KONFIGURASI JARINGAN STKB

Untuk melayani seluruh radio base station yang ada direncanakan menggunakan 2 sentral STKB yaitu berlokasi di Surabaya dan Malang. Transmisi antar sentral dan stasiun dasar memakai jaringan transmisi existing. Sentral STKB I di Surabaya mengontrol stasiun dasar di daerah bagian Barat disamping itu sentral ditempatkan pada tingkat sentral tersier yang akan memberikan fasilitas untuk roaming dengan sistem STKB di luar Jawa Timur. Sedangkan sentral STKB II di Malang melayani stasiun dasar bagian Timur.

Gambar 5.4 menunjukkan jaringan transmisi backbone PT Telkom di Jawa Timur, dengan memanfaatkan jaringan transmisi tersebut dapat direncanakan konfigurasi jaringan STKB Jawa Timur Area dengan cara menempatkan stasiun dasar dan sentralnya pada sentral-sentral telepon yang ada dan cukup menambah fasilitas transmisi yang diperlukan untuk STKB, sehingga tidak perlu membangun jaringan transmisi baru.



GAMBAR 5.4 40)

JARINGAN TRANSMISI BACKBONE DI JAWA TIMUR

## VI.1 KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai perencanaan frekuensi pada sistem telepon kendaraan bergerak cellular (STKB-C) analog yaitu :

1. Perencanaan frekuensi akan menjadi masalah yang rumit pada sistem telepon kendaraan bergerak seluler yang memiliki daerah pelayanan yang luas dan jumlah stasiun dasar yang banyak.
2. Perencanaan frekuensi dapat dilakukan dengan mengacu pada pola sel yang ideal, dimana ukuran tiap sel adalah sama dan beraturan. Tetapi pada kenyataannya pola sel tidak selalu seperti yang dimodelkan sehingga perencanaan frekuensi bersifat khas untuk suatu daerah tertentu.
3. Perencanaan frekuensi dengan bantuan perangkat lunak dapat membantu perencanaan dan memberikan alternatif perencanaan yang berbeda, sehingga dapat mencapai perencanaan frekuensi yang optimum.
4. Pada kasus STKB analog untuk wilayah Jawa Timur, untuk mencakup seluruh daerah yang direncanakan, diperlukan 45 radio base station dan 20 radio base station daerah kritis. Perencanaan frekuensi menghasilkan 19 kelompok

frekuensi dari 20 kelompok frekuensi yang direncanakan serta harga rasio carrier to interferensi lebih besar dari 20 dB.

#### VI. SARAN-SARAN

Untuk perencanaan alokasi frekuensi yang lebih akurat dibutuhkan data-data yang teliti, terutama data-data topografi dalam bentuk *data file*. Data ini sangat diperlukan agar perencanaan daerah cakupan RBS dan daerah interferensinya mendekati sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

---

1. Boucer, Neil J, *The Cellular Radio Handbook*, Quantum Publishing Inc., Mendicino, California, USA, 1990.
2. Hata, Masaharu, *Empirical Formula For Propagation Loss In Land Mobile Radio Service*, IEEE Transaction On Vehicular Technology, Vol. VT 29 No. 3, August, 1980.
3. International Telecommunication Union, *Cellular Radio Workshop*, Bangkok, Thailand, 20 June 1989 - 29 June 1989.
4. International Telecommunication Union, *Mobile Cellular Radio*, RAS 86/186.
5. Japan International Cooperation Agency (JICA), *The Study On Telecommunications Network Deevlopment Plant For Repelita VI (Draft Final Report)*, Nippon Telecommunications Consulting Co. Ltd, Tokyo, Japan, November 1992.
6. Jismalm,G And Lejdal, *Cell Planning - Product And Service*, Ericsson Review, No. 2, 1990.
7. Lee, William CY, *Mobile Cellular Telecommunication System*, McGraw-Hill Book Co., Singapore, 1986.
8. Lee, William CY, *Mobile communications Design Fundamentals*, Howard W Sams & Co., Indianapolis, Indiana, USA, 1986.
9. Lee, William CY, *Mobile Communications Engineering*, McGraw-Hill Book Co., USA, 1980.

10. Mustofa, Nuril, *Perencanaan STKB Cellular Untuk Wilayah Kota Surabaya Dan Sekitarnya*, Tugas Akhir, Surabaya, Oktober 1989.
11. Okumura, *Field Strength And Its Variability In UHF And VHF Land Mobile Radio Service*, Rev. Electrical Communication Laboratory, Vol. 16, 1968.
12. PT Telekomunikasi Indonesia WITEL VII - Universitas Brawijaya Malang, *Hasil Penelitian Peramalan Kebutuhan Jasa Telekomunikasi Repelita VI (TH. 1994-2000) Di Jawa Timur*, 1991.
13. The American Telephone And Telegraph Company, *The Bell System Technical Journal*, Vol. 58, No. 1, January 1979.

## LAMPIRAN A-1

Nomor RBS	:	1
Nama RBS	:	GEDANGAN
Bujur	:	112.7285 BT
Lintang	:	7.3880 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	1559 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	45
Beban trafik	:	38.9750 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	4
Nama RBS	:	MADIUN
Bujur	:	111.5179 BT
Lintang	:	7.6308 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	854 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	27
Beban trafik	:	21.3500 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	2
Nama RBS	:	KEDIRI
Bujur	:	112.0269 BT
Lintang	:	7.8208 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	1007 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	31
Beban trafik	:	25.1750 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	5
Nama RBS	:	PASURUAN
Bujur	:	112.9059 BT
Lintang	:	7.6362 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	809 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	113.1395 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	45.0000 m
Radius coverage	:	18.0000 km
Radius interferensi	:	69.5463 km
Kanal	:	26
Beban trafik	:	20.2250 Erl
Jml rbs optimum	:	6

Nomor RBS	:	3
Nama RBS	:	MOJOKERTO
Bujur	:	112.4310 BT
Lintang	:	7.4597 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	994 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	2.6577 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.0534 km
Kanal	:	31
Beban trafik	:	24.8500 Erl
Jml rbs optimum	:	5

Nomor RBS	:	6
Nama RBS	:	JEMBER
Bujur	:	113.7085 BT
Lintang	:	8.1549 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	800 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	128.0226 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	78.2062 km
Kanal	:	26
Beban trafik	:	20.0000 Erl
Jml rbs optimum	:	7



Nomor RBS	:	7
Nama RBS	:	SITUBONDO
Bujur	:	114.0135 BT
Lintang	:	7.7124 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	713 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	128.0226 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	78.2062 km
Kanal	:	23
Beban trafik	:	17.8250 Erl
Jml rbs optimum	:	10

Nomor RBS	:	10
Nama RBS	:	PRIGEN
Bujur	:	112.6165 BT
Lintang	:	7.0971 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	438 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	19.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	100.5908 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.8519 km
Kanal	:	16
Beban trafik	:	10.9500 Erl
Jml rbs optimum	:	11

Nomor RBS	:	8
Nama RBS	:	BANGKALAN
Bujur	:	112.7509 BT
Lintang	:	7.0269 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	578 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	20
Beban trafik	:	14.4500 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	11
Nama RBS	:	TULUNGAGUNG
Bujur	:	111.9014 BT
Lintang	:	8.0538 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	328 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	13
Beban trafik	:	8.2000 Erl
Jml rbs optimum	:	6

Nomor RBS	:	9
Nama RBS	:	BLITAR
Bujur	:	112.1613 BT
Lintang	:	8.0986 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	564 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	19
Beban trafik	:	14.1000 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	12
Nama RBS	:	PROBOLINGGO
Bujur	:	113.2150 BT
Lintang	:	7.7536 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	347 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	12.1201 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	73.9283 km
Kanal	:	13
Beban trafik	:	8.6750 Erl
Jml rbs optimum	:	6

## LAMPIRAN A-3

Nomor RBS	:	13
Nama RBS	:	MAGETAN
Bujur	:	111.3342 BT
Lintang	:	7.6568 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	353 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	19.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	100.5908 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.8519 km
Kanal	:	13
Beban trafik	:	8.8250 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	16
Nama RBS	:	JOMBANG
Bujur	:	112.2556 BT
Lintang	:	7.5354 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	232 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	19.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	100.5908 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.8519 km
Kanal	:	10
Beban trafik	:	5.8000 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	14
Nama RBS	:	KRIAN
Bujur	:	112.5762 BT
Lintang	:	7.4059 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	301 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	7.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	1.6716 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	36.9642 km
Kanal	:	12
Beban trafik	:	7.5250 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	17
Nama RBS	:	PARE
Bujur	:	112.1909 BT
Lintang	:	7.7670 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	245 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	10
Beban trafik	:	6.1250 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	15
Nama RBS	:	PACITAN
Bujur	:	111.1121 BT
Lintang	:	8.1460 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	295 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	12
Beban trafik	:	7.3750 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	18
Nama RBS	:	BANYUWANGI
Bujur	:	114.3835 BT
Lintang	:	8.2106 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	200 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	9
Beban trafik	:	5.0000 Erl
Jml rbs optimum	:	5

## LAMPIRAN A-4

Nomor RBS	:	19
Nama RBS	:	GENTENG
Bujur	:	114.1568 BT
Lintang	:	8.3656 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	158 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	128.0226 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	78.2062 km
Kanal	:	8
Beban trafik	:	3.9500 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	22
Nama RBS	:	BATU
Bujur	:	112.5269 BT
Lintang	:	7.8746 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	95 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	6
Beban trafik	:	2.3750 Erl
Jml rbs optimum	:	12

Nomor RBS	:	20
Nama RBS	:	BONDOWOSO
Bujur	:	113.8235 BT
Lintang	:	7.9149 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	183 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	12.1201 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	73.9283 km
Kanal	:	9
Beban trafik	:	4.5750 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	23
Nama RBS	:	JATIROTO
Bujur	:	113.3587 BT
Lintang	:	8.1106 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	73 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	128.0226 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	78.2062 km
Kanal	:	5
Beban trafik	:	1.8250 Erl
Jml rbs optimum	:	11

Nomor RBS	:	21
Nama RBS	:	PONOROGO
Bujur	:	111.4686 BT
Lintang	:	7.8701 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	130 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	7
Beban trafik	:	3.2500 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	24
Nama RBS	:	BOJONEGORO
Bujur	:	111.8969 BT
Lintang	:	7.1327 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	53 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	128.0226 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	78.2062 km
Kanal	:	4
Beban trafik	:	1.3250 Erl
Jml rbs optimum	:	9

## LAMPIRAN A-5

Nomor RBS	:	25
Nama RBS	:	LAMONGAN
Bujur	:	112.8924 BT
Lintang	:	7.1018 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	51 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	12.1291 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	20.0000 km
Radius interferensi	:	73.9283 km
Kanal	:	4
Beban trafik	:	1.2750 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	28
Nama RBS	:	TRENGGALEK
Bujur	:	111.7175 BT
Lintang	:	8.0088 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	49 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	4
Beban trafik	:	1.2250 Erl
Jml rbs optimum	:	6

Nomor RBS	:	26
Nama RBS	:	NGANJUK
Bujur	:	111.9103 BT
Lintang	:	7.5796 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	38 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	4
Beban trafik	:	0.9500 Erl
Jml rbs optimum	:	5

Nomor RBS	:	29
Nama RBS	:	MOJOSARI
Bujur	:	112.5582 BT
Lintang	:	7.5215 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	35 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.8750 Erl
Jml rbs optimum	:	5

Nomor RBS	:	27
Nama RBS	:	GN.GEBUG
Bujur	:	112.6568 BT
Lintang	:	7.8118 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	39 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	19.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	100.5908 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.8519 km
Kanal	:	4
Beban trafik	:	0.9750 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	30
Nama RBS	:	BABAT
Bujur	:	112.1839 BT
Lintang	:	7.0973 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	31 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.7750 Erl
Jml rbs optimum	:	10

## LAMPIRAN A-6

Nomor RBS	:	31
Nama RBS	:	KERTOSONO
Bujur	:	112.1121 BT
Lintang	:	7.5619 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	26 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	2.6577 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.0534 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.6500 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	34
Nama RBS	:	KRAKSAAN
Bujur	:	113.4194 BT
Lintang	:	7.7625 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	16 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	4.3996 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	55.4462 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.4000 Erl
Jml rbs optimum	:	11

Nomor RBS	:	32
Nama RBS	:	KEPANJEN
Bujur	:	112.1256 BT
Lintang	:	8.1062 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	28 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	18.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	96.6822 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	15.0000 km
Radius interferensi	:	58.6546 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.7000 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	35
Nama RBS	:	CARUBAN
Bujur	:	111.6523 BT
Lintang	:	7.5448 LS
Type area	:	RURAL
Pelanggan	:	14 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	9.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	2.6577 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	30.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.0534 km
Kanal	:	2
Beban trafik	:	0.3500 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	33
Nama RBS	:	KESAMBEN
Bujur	:	112.3432 BT
Lintang	:	8.1434 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	19 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	3
Beban trafik	:	0.4750 Erl
Jml rbs optimum	:	11

Nomor RBS	:	36
Nama RBS	:	PERAK SBY
Bujur	:	112.7330 BT
Lintang	:	7.2016 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	5664 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	45.0240 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	5.0000 km
Radius interferensi	:	19.5515 km
Kanal	:	173
Beban trafik	:	189.9200 Erl
Jml rbs optimum	:	7

## LAMPIRAN A-7

Nomor RBS	:	37
Nama RBS	:	KENJERAN SBY
Bujur	:	112.7733 BT
Lintang	:	7.2419 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	2796 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	20.1476 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	3.0000 km
Radius interferensi	:	11.7309 km
Kanal	:	89
Beban trafik	:	83.8800 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	40
Nama RBS	:	RUNGKUT SBY
Bujur	:	112.7778 BT
Lintang	:	7.3298 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	10000 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	20.1476 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	3.0000 km
Radius interferensi	:	11.7309 km
Kanal	:	298
Beban trafik	:	300.0000 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	38
Nama RBS	:	DARMO SBY
Bujur	:	112.7348 BT
Lintang	:	7.2822 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	7211 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	20.1476 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	3.0000 km
Radius interferensi	:	11.7309 km
Kanal	:	218
Beban trafik	:	216.3300 Erl
Jml rbs optimum	:	8

Nomor RBS	:	41
Nama RBS	:	INJOKO SBY
Bujur	:	112.7285 BT
Lintang	:	7.3118 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	4842 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	20.1476 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	3.0000 km
Radius interferensi	:	11.7309 km
Kanal	:	149
Beban trafik	:	145.2600 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	39
Nama RBS	:	MANYAR SBY
Bujur	:	112.7867 BT
Lintang	:	7.2822 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	4385 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	20.1476 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	3.0000 km
Radius interferensi	:	11.7309 km
Kanal	:	136
Beban trafik	:	131.5500 Erl
Jml rbs optimum	:	9

Nomor RBS	:	42
Nama RBS	:	TANDES SBY
Bujur	:	112.7061 BT
Lintang	:	7.2894 LS
Type area	:	URBAN
Pelanggan	:	4939 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antena RBS	:	21.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	45.0240 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	50.0000 m
Radius coverage	:	5.0000 km
Radius interferensi	:	19.5515 km
Kanal	:	152
Beban trafik	:	148.1700 Erl
Jml rbs optimum	:	8

## LAMPIRAN A-8

Nomor RBS	:	43
Nama RBS	:	MALANG
Bujur	:	112.6299 BT
Lintang	:	7.9776 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	4820 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	125
Beban trafik	:	120.5000 Erl
Jml rbs optimum	:	12

Nomor RBS	:	45
Nama RBS	:	SIDOARJO
Bujur	:	112.7195 BT
Lintang	:	7.4525 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	1652 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	19.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	100.5908 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	13.0000 km
Radius interferensi	:	48.8519 km
Kanal	:	47
Beban trafik	:	41.3000 Erl
Jml rbs optimum	:	7

Nomor RBS	:	44
Nama RBS	:	GRESIK
Bujur	:	112.6523 BT
Lintang	:	7.1523 LS
Type area	:	SUB-URBAN
Pelanggan	:	4427 sst
Frekuensi	:	850.0000 Mhz
Gain antenna RBS	:	17.0000 dB
Rugi-rugi	:	2.5000 dB
Daya Tx	:	64.0016 Watt
Antena mobil	:	2.0000 m
Antena RBS	:	35.0000 m
Radius coverage	:	10.0000 km
Radius interferensi	:	37.5784 km
Kanal	:	116
Beban trafik	:	110.6750 Erl
Jml rbs optimum	:	9

## LAMPIRAN A-9

DATA RBS KRITIS

No	Nama RBS
1	JEMBER
2	SITUBONDO
3	BANGKALAN
4	PERAK SBY
5	KENJERAN SBY
6	DARMO SBY
7	MANYAR SBY
8	RUNGKUT SBY
9	INJOKO SBY
10	TANDES SBY
11	MALANG
12	GRESIK
13	SIDOARJO
14	BLITAR
15	PRIGEN
16	GEDANGAN
17	KEDIRI
18	MOJOKERTO
19	MADIUN
20	PASURUAN

DATA RBS SISTEM

No	Nama RBS
1	GEDANGAN
2	KEDIRI
3	MOJOKERTO
4	MADIUN
5	PASURUAN
6	JEMBER
7	SITUBONDO
8	BANGKALAN
9	BLITAR
10	PRIGEN
11	TULUNGAGUNG
12	PROBOLINGGO
13	MAGETAN
14	KRIAN
15	PACITAN
16	JOMBANG
17	PARE
18	BANYUWANGI
19	GENTENG
20	BONDOWOSO
21	PONOROGO
22	BATU
23	JATIROTO
24	BOJONEGORO
25	LAMONGAN
26	NGANJUK
27	GN.GEBUG
28	TRENGGALEK
29	MOJOSARI
30	BABAT
31	KERTOSONO
32	KEPANJEN
33	KESAMBEN
34	KRAKSAAN
35	CARUBAN
36	PERAK SBY
37	KENJERAN SBY
38	DARMO SBY
39	MANYAR SBY
40	RUNGKUT SBY
41	INJOKO SBY
42	TANDES SBY
43	MALANG
44	GRESIK
45	SIDOARJO

KELOMPOK RBS

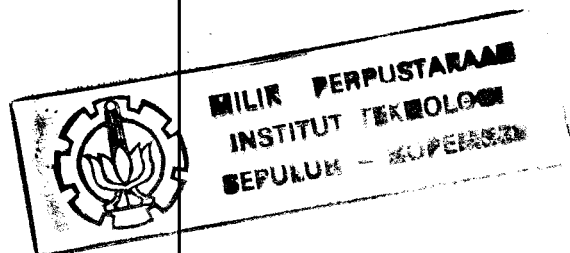
Kel.	Nama RBS Optimum	C/I (dB)
1	MOJOSARI	FREE
2	LAMONGAN	FREE
3	PROBOLINGGO	31.773
3	KERTOSONO	39.256
4	PRIGEN	41.062
4	TRENGGALEK	38.945
4	GENTENG	40.348
5	SITUBONDO	34.955
5	GN.GEBUG	40.739
5	PACITAN	42.415
6	JEMBER	32.525
6	BANGKALAN	41.346
6	KESAMBEN	38.535
6	CARUBAN	34.531
7	PASURUAN	35.851
7	BANYUWANGI	42.491
7	PONOROGO	41.082
8	MADIUN	36.183
8	KRIAN	43.227
9	MOJOKERTO	39.178
9	MAGETAN	39.178
10	GEDANGAN	38.840
10	NGANJUK	31.796
11	SIDOARJO	35.832
11	TULUNGAGUNG	34.850
11	BONDOWOSO	32.367
12	KENJERAN SBY	53.407
12	JOMBANG	28.129
12	JATIROTO	29.015
13	GRESIK	40.485
13	KEDIRI	33.441
14	MANYAR SBY	54.276
14	BABAT	26.242
14	KEPANJEN	32.610
15	INJOKO SBY	54.112
15	BATU	33.197
16	TANDES SBY	47.823
16	MALANG	35.782
17	PERAK SBY	50.247
17	BLITAR	34.441
17	KRAKSAAN	31.974
18	DARMO SBY	59.970
18	BOJONEGORO	27.013
19	RUNGKUT SBY	57.454
19	PARE	29.495



## USULAN TUGAS AKHIR

- I. JUDUL TUGAS AKHIR : PERENCANAAN ALOKASI FREKUENSI  
PADA STKB-C ANALOG
- II. RUANG LINGKUP : Sistem Komunikasi  
Teknik Switching & Teleponi  
Sistem Transmisi Telekomunikasi  
Pemrograman Komputer
- III. LATAR BELAKANG : Semakin banyak sel yang  
digunakan dan diterapkannya  
penggunaan ulang frekuensi  
( *frequency reuse* ) dalam STKB-C  
analog menyebabkan semakin  
rumitnya perencanaan penggunaan  
frekuensi. Untuk itu perlu suatu  
perangkat lunak yang dapat  
membantu perencanaan alokasi  
frekuensi STKB-C analog.
- IV. PENELAAHAN STUDI : - Studi tentang STKB-C analog  
- Studi tentang perencanaan  
frekuensi pada STKB-C  
- Studi kasus aplikasi perangkat  
lunak perencanaan STKB-C  
di Jawa Timur.

LAMPIRAN B-1



LAMPIRAN B-2

V. TUJUAN : Merancang perangkat lunak yang dapat membantu perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C analog

VI. LANGKAH-LANGKAH : - Studi literatur yang berkaitan dengan STKB-C  
- Studi literatur perencanaan alokasi frekuensi untuk STKB-C analog  
- Pembuatan perangkat lunak  
- Studi kasus

VII. JADWAL KEGIATAN :

JENIS KEGIATAN	BULAN					
	1	2	3	4	5	6
1. Studi literatur						
2. Pembuatan perangkat lunak						
3. Penulisan naskah						

VIII. RELEVANSI : Diharapkan Tugas Akhir ini dapat menjadi sarana dalam perencanaan dan pengembangan STKB-C analog di Indonesia.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : MOCHAMAD ISMAIL  
Tempat Lahir : Surabaya  
Tanggal Lahir : 13 Mei 1969  
Agama : Islam  
Nama Ayah : HM Toha  
Nama Ibu : Busimah  
Alamat : Wonosari Mulyo 2/11  
Surabaya 60154

Anak pertama dari lima bersaudara.

### RIWAYAT PENDIDIKAN :

1. TK Benteng Surabaya, tahun 1976.
2. SD Trisula Surabaya, lulus tahun 1982.
3. SMP Negeri 7 Surabaya, lulus tahun 1985.
4. SMA Negeri 5 Surabaya, lulus tahun 1988.
5. Diterima di Jurusan Teknik Elektro FTI ITS, Bidang Studi Teknik Telekomunikasi tahun 1988 dengan nomor pokok 2882201018.

### PENGALAMAN KERJA :

1. Anggota team survey kuat medan untuk pengembangan jaringan transmisi TVRI Stasiun Surabaya di P. Kangean Kab. Sumenep Madura, Mei-Juni 1993, kerja sama

LAMPIRAN C-2

- TVRI-ITS-PEMDA Tk. I Jawa Timur.
2. Anggota team instruktur Pelatihan Energi Alternatif di Pedesaan Se-Jawa Timur, April 1993, kerja sama ITS-PEMDA Tk. I Jawa Timur.
  3. Asisten Laboratorium Telekomunikasi B301, Jurusan Teknik Elektro ITS, tahun 1991-1993.
  4. Kerja praktek di STDI Kebalen II, PT Telkom Witel VII, Pebruari 1992.
  5. Kerja praktek di Seksi Transmisi TVRI Stasiun Surabaya, Agustus 1991.

